



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Alberto de Ornelas Vinhinha Torres Lopes

**Análise Energética e Económica de Soluções
Construtivas de Edifícios no Âmbito das
Alterações Climáticas de um Clima
Mediterrânico**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
Ramo de Energia e Ambiente

Orientador: Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo

Departamento de Engenharia Mecânica
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Outubro de 2020

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Análise energética e económica de soluções construtivas de edifícios no âmbito das alterações climáticas de um clima mediterrânico

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
na Especialidade de Energia e Ambiente

Energy and economic analysis of building constructive solutions in context of climate change in a Mediterranean climate

Autor

Alberto de Ornelas Vinhinha Torres Lopes

Orientador

António Manuel Mendes Raimundo

Júri

Presidente

Professor Doutor José Joaquim Costa

Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador

Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo

Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogal

Professor Doutor Avelino Virgílio F. Monteiro Oliveira

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Coimbra

Coimbra, novembro, 2020

“Não se pode criar experiência. É preciso passar por ela.”

Albert Camus

Agradecimentos

Chegando ao fim desta jornada, apenas me resta expressar a minha gratidão a quem me acompanhou e ajudou a atingir este momento importante da minha vida.

Assim manifesto o meu agradecimento ao meu orientador Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo, pela disponibilidade, pelos conselhos e sugestões ao longo deste trabalho.

Aos meus colegas, amigos, aos professores do DEM que de algum modo também contribuíram para atingir este objetivo.

E por fim, à minha família pelo apoio dado desde sempre.

Muito Obrigado!

Resumo

Este trabalho tem como base os efeitos que as alterações climáticas irão ter sobre os gastos a suportar e os consumos energéticos dos edifícios localizados em Portugal no ano 2070. Mais concretamente, avalia-se a viabilidade económica e energética da aplicação de isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente dos edifícios e da utilização de sistemas fixos de sombreamento dos vãos envidraçados. Em termos de análise, deu-se relevância à identificação da melhor localização e da espessura ótima do isolamento térmico e à orientação, geometria e comprimento recomendados para as palas de sombreamento.

Em termos climáticos são considerados 3 cenários: o clima atual (Histórico); o resultante de alterações climáticas de média intensidade e o resultante de alterações climáticas extremas, conforme formulados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change das Nações Unidas.

São considerados seis edifícios diferentes, um apartamento, uma moradia, uma clínica com internamento, uma escola, uma agência bancária e um supermercado.

Os edifícios são considerados implantados em três locais (Funchal, Ansião e Mirandela) pertencentes a zonas climáticas distintas, os quais no seu conjunto representam as várias condições climáticas do clima mediterrânico Português.

Considera-se que o controlo do funcionamento dos sistemas de AVAC pode ser efetuado alternativamente através de 7 tipos de controlo diferentes: 3 por *set-point* baseado no PMV (*Predicted Mean Vote*); 3 por *set-point* baseado na temperatura do ar interior; e a situação sem sistemas de AVAC.

Seguindo o recomendado na bibliografia consultada, selecionou-se para material isolante térmico o EPS (poliestireno expandido). Foram testadas três localizações alternativas para o isolante térmico (pelo interior, no meio na caixa de ar e pelo exterior do elemento opaco) e foram analisadas espessuras do mesmo desde 0 (sem material isolante) até 12 cm.

Consideraram-se sistemas de sombreamento fixos, do tipo pala vertical (à esquerda ou à direita) ou pala horizontal. Para um mesmo caso, todas as palas terão o mesmo comprimento, para as quais foram testados comprimentos desde 0 (ausência de palas) até 150 cm. Dependendo da sua orientação, cada vão envidraçado pode não possuir palas, ser sombreado por apenas uma pala (horizontal ou vertical) ou ser sombreado por duas palas (uma horizontal e outra vertical).

Os resultados apresentados foram obtidos recorrendo ao software *SEnergEd*, o qual permite a simulação do comportamento energético de edifícios e o cálculo do custo anual equivalente do ciclo de vida completo dos mesmos.

Para elaboração dos ficheiros com os dados climáticos, para cada um dos cenários de alterações climáticas considerado, foi aplicada uma metodologia denominada por *Morphing Procedure*, a qual combina valores previstos por Modelos Climáticos Globais (GCMs) com dados climáticos atuais.

A análise de resultados assentou nas previsões do custo anual equivalente de cada edifício, do consumo de energia pelos sistemas de AVAC, das necessidades de energia para aquecimento e das necessidades de energia para arrefecimento.

Constatou-se que, mesmo em situação de alterações climáticas, o custo anual equivalente e o consumo energético continuam muito ligados à zona climática onde os edifícios estão localizados e à sua tipologia de uso dos mesmos.

Globalmente, o aumento da severidade das alterações climáticas leva a um aumento das necessidades de energia para arrefecimento e a uma diminuição das necessidades de energia para aquecimento. No entanto, as necessidades de arrefecimento aumentam mais do que as de aquecimento diminuem, o que leva

a um aumento do consumo de energia pelo edifício e, conseqüentemente, a um aumento do custo anual equivalente da utilização do mesmo.

A aplicação de isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente dos edifícios apresenta sempre benefícios energéticos e, por norma, também é economicamente vantajosa. No entanto, a verificarem-se alterações climáticas, elas levarão a um decréscimo da sua importância, fazendo com que a sua espessura ótima diminua com o aumento da severidade das alterações ao clima.

A aplicação de palas nos vãos envidraçados ganhará importância no futuro, a qual será tanto maior quanto mais severas forem as alterações climáticas. Previu-se que a aplicação destes elementos construtivos não será viável em termos económicos, mas que trará benefícios assinaláveis em termos de poupanças energéticas, nomeadamente se as alterações climáticas forem severas.

Palavras-chave: Alterações Climáticas, Isolamento Térmico, Sistema de sombreamento, Sistema AVAC, Conforto térmico, Consumo Energético.

Abstract

This work is based on the effects that climate change will have on the costs to be borne and the energy consumption of buildings located in Portugal in the year 2070. In particular, the economic and energy viability of the application of thermal insulation to the opaque elements of the building envelope and the use of fixed glazing gap shading systems are assessed. In terms of analysis, relevance was given to the identification of the best location and optimal thickness of the thermal insulation and to the orientation, geometry and length recommended for the shading visors.

In terms of climate, three scenarios are considered: the current climate (Historical); the one resulting from medium-intensity climate change and the one resulting from extreme climate change, as formulated by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change.

Are considered six different buildings, an apartment, a house, a clinic with internment, a school, a bank branch and a supermarket.

The buildings are considered to be located in three locations (Funchal, Ansião and Mirandela) belonging to distinct climatic zones, which together represent the various climatic conditions of the Portuguese Mediterranean climate.

It is considered that the control of the functioning of HVAC systems can be performed alternatively through 7 different control types: 3 per set-point based on PMV (Predicted Mean Vote); 3 per set-point based on indoor air temperature; and the situation without HVAC systems.

Following the recommended in the consulted bibliography, EPS (expanded polystyrene) was selected for thermal insulating material. Three alternative locations were tested for thermal insulation (inside, middle in the air box and outside of the opaque element) and thicknesses were analyzed from 0 (without insulating material) to 12 cm.

Fixed shading systems of the vertical visor type (left or right) or horizontal visor type were considered. For the same case, all the visors will have the same length, for which lengths have been tested from 0 (absence of visors) up to 150 cm. Depending on their orientation, each glazed gap may not have visors, may be shaded by only one visor (horizontal or vertical) or be shaded by two visors (one horizontal and one vertical).

The results were obtained using the Senerged software, which allows the simulation of the energy behavior of buildings and the calculation of the equivalent annual cost of their complete life cycle.

For the elaboration of the climate data files, for each of the considered climate change scenarios, a methodology called the Morphing Procedure was applied, which combines values predicted by Global Climate Models (Gcms) with current climate data.

The results analysis was based on forecasts of the equivalent annual cost of each building, the energy consumption by HVAC systems, heating energy needs and cooling energy needs.

It was found that, even in a climate change situation, the equivalent annual cost and energy consumption are still very much linked to the climate zone where the buildings are located and to their typology of use.

Overall, the increase in the severity of climate change leads to an increase in cooling energy needs and a decrease in heating energy needs. However, cooling needs increase more than heating needs decrease, which leads to an increase in energy consumption by the building and, consequently, an increase in the equivalent annual cost of using the building.

The application of thermal insulation to the opaque elements of the building envelope always has energy benefits and is generally also economically advantageous. However, if climate change occurs, it will lead to a decrease in its importance, causing its optimal thickness to decrease as the severity of climate change increases.

The application of visors to glazed spans will gain importance in the future, which will be all the

more severe the climate change. It has been foreseen that the implementation of these constructive elements will not be economically viable but will bring significant benefits in terms of energy savings, particularly if climate change is severe.

Keywords Climate Change, Thermal Insulation, Shading device, HVAC system, Thermal Comfort, Energy consumption.

Índice

Índice de Figuras	xI
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xxii
Simbologia	xxii
Siglas	xxiii
1. Introdução	Erro! Marcador não definido.
1.1. Enquadramento	Erro! Marcador não definido.
1.2. Estado da Arte	Erro! Marcador não definido.
1.3. Objetivos	Erro! Marcador não definido.
2. Metodologias	Erro! Marcador não definido.
2.1. Ferramenta de Cálculo – Software <i>SEnergEd</i>	Erro! Marcador não definido.
2.1.1. Inputs	Erro! Marcador não definido.
2.1.2. Outputs	Erro! Marcador não definido.
2.2. O Clima Português Atual	Erro! Marcador não definido.
2.3. O Clima Português no Futuro	Erro! Marcador não definido.
2.3.1. Cenários possíveis	Erro! Marcador não definido.
2.3.2. Recurso à metodologia <i>Morphing Procedure</i>	Erro! Marcador não definido.
2.3.3. Adaptação dos ficheiros climáticos	Erro! Marcador não definido.
2.4. Requisitos de Conforto Térmico	Erro! Marcador não definido.
3. Material Base para o Estudo	Erro! Marcador não definido.
3.1. Edifícios Representativos do Edificado Português	Erro! Marcador não definido.
3.1.1. Apartamento	Erro! Marcador não definido.
3.1.2. Moradia	Erro! Marcador não definido.
3.1.3. Escola	Erro! Marcador não definido.
3.1.4. Agência Bancária	Erro! Marcador não definido.
3.1.5. Clínica	Erro! Marcador não definido.
3.1.6. Supermercado	Erro! Marcador não definido.
3.2. Características dos Ocupantes	Erro! Marcador não definido.
3.3. Perfis de Ocupação e de Funcionamento	Erro! Marcador não definido.
3.4. Parâmetros para Avaliação Económico-financeira do Ciclo de Vida dos Edifícios	Erro!
Marcador não definido.	
3.5. Soluções Construtivas Opacas	Erro! Marcador não definido.
3.5.1. Soluções construtivas opacas sem isolamento térmico	Erro! Marcador não definido.
3.5.2. Soluções construtivas opacas com isolamento térmico	Erro! Marcador não
definido.	
3.6. Vãos Envidraçados	Erro! Marcador não definido.
3.7. Sistemas de AVAC	Erro! Marcador não definido.
3.8. Outros Sistemas Energéticos	Erro! Marcador não definido.
3.9. Aplicação de Sistemas de Sombreamento – Palas	Erro! Marcador não definido.
4. Resultados e Discussão	Erro! Marcador não definido.
4.1. Influência do Isolamento Térmico dos Elementos Opacos	Erro! Marcador não definido.
4.1.1. Apartamento	Erro! Marcador não definido.
4.1.2. Moradia	Erro! Marcador não definido.

4.1.3.	Escola	Erro! Marcador não definido.
4.1.4.	Agência Bancária	Erro! Marcador não definido.
4.1.5.	Clínica	Erro! Marcador não definido.
4.1.6.	Supermercado	Erro! Marcador não definido.
4.2.	Influência de Sistemas de Sombreamento do Tipo Pala	Erro! Marcador não definido.
4.2.1.	Apartamento	Erro! Marcador não definido.
4.2.2.	Moradia	Erro! Marcador não definido.
4.2.3.	Escola	Erro! Marcador não definido.
4.2.4.	Agência Bancária	Erro! Marcador não definido.
4.2.5.	Clínica	Erro! Marcador não definido.
4.2.6.	Supermercado	Erro! Marcador não definido.
4.3.	Discussão	Erro! Marcador não definido.
5.	Conclusões	Erro! Marcador não definido.
	Referências	Erro! Marcador não definido.
	ANEXO A	Erro! Marcador não definido.
	ANEXO B	Erro! Marcador não definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1. Exemplo de resultado em que é exibido a temperatura interior e exterior e o *set-point* a azul..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 2.2. Evolução prevista da temperatura na superfície terrestre para os vários cenários segundo o IPCC (2007)..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 2.3. Representados (da direita para a esquerda) em aplicação para cada uma das zonas climáticas em estudo..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.1. Energia consumida pelo sistema AVAC do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.2. Necessidade energética de aquecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.3. Necessidade energética de arrefecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.4. Energia consumida pelo sistema AVAC da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.5. Necessidade energética de aquecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.6. Necessidade energética de arrefecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.7. Energia consumida pelo sistema AVAC da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.8. Necessidade energética de aquecimento da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.9. Necessidade energética de arrefecimento da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.10. Energia consumida pelo sistema AVAC da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.
..... **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.11. Necessidade energética de aquecimento da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.
..... **Erro! Marcador não definido.**

- Figura 4.12. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.13. Energia consumida pelo sistema AVAC clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.14. Necessidade energética de aquecimento da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.15. Necessidade energética de arrefecimento da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.16. Energia consumida pelo supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.17. Necessidade energética de aquecimento do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura 4.18. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.1. Localização do apartamento (A). **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.2. Investimentos do projeto do apartamento. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.3. Investimentos do projeto do apartamento. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.4. Investimentos do projeto da escola. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.5. Vista frontal da agência bancária. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.6. Investimentos do projeto para a agência bancária. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.7 Planta do piso 0 da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.8. Planta do piso 1 da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.9. Investimentos do projeto da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.10. Vista exterior do supermercado. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.11. Investimentos do projeto do supermercado. **Erro! Marcador não definido.**

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 2.1. Modelos climáticos utilizados e a sua resolução. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.1. Edifício em estudo e a sua ocupação máxima. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.2. Resistência térmica (clo) intrínseca do vestuário utilizado pelos ocupantes **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.3. Custo da energia elétrica e do gás natural para cada edifício (preços sem IVA) **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.4. Descrição e espessura dos elementos construtivos da envolvente opaca exterior (Saraiva, 2017)..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.5. Parâmetros característicos de cada elemento construtivo, IVA não incluído (Saraiva, 2017)..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.6. Parâmetros característicos de cada elemento construtivo da envolvente opaca interior, IVA não incluído (Saraiva, 2017)..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.7. Parâmetros característicos de cada elemento de compartimento interior, IVA não incluído (Saraiva, 2017)..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 3.8. Orientação dos vãos envidraçados em que foi analisada a aplicação de palas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.1. Apartamento – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.2. Apartamento – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.3. Apartamento – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.4. Moradia – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.5. Moradia – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.6. Moradia – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.7. Escola – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.8. Escola – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

- Tabela 4.9. Escola – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.10. Agência bancária – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.11. Agência bancária – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.12. Agência bancária – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.13. Clínica – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.14. Clínica – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.15. Clínica – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.16. Supermercado – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.17. Supermercado – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.18. Supermercado – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.19. Apartamento – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.20. Apartamento – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.21. Apartamento – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela 4.22. Moradia – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de

controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.23. Moradia – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.24. Moradia – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.25. Escola – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.26. Escola – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.27. Escola – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.**Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.34. Apartamento: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.35. Moradia: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.36. Escola: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.37. Agência bancária: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.38. Clínica: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela 4.39. Supermercado: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela A.1. Perfil de ocupação do apartamento..... **Erro! Marcador não definido.**

- Tabela A.2. Perfil de iluminação do apartamento. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.3. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) do apartamento.
..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.4. Perfil de ocupação da moradia..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.5. Perfil de iluminação da moradia. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.6. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da moradia. **Erro! Marcador não definido.**
- Figura A.7. Vista de satélite da escola. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.8. Perfil de ocupação da escola..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.9. Perfil de iluminação da escola. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.10. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da escola. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.11. Perfil de ocupação da agência bancária. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.12. Perfil de iluminação da agência bancária. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.13. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da agência bancária. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.14. Perfil de ocupação da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.15. Perfil de iluminação da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.16. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da clínica. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.17. Perfil de ocupação do supermercado. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.18. Perfil de iluminação do supermercado. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela A.19. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) do supermercado.
..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.1. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.2. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.3. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.4. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.... **Erro! Marcador não definido.**

-
- Tabela B.5. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2. ...**Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.6. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3. ...**Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.7. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1. ...**Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.8. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2. ...**Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.9. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3. ...**Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.10. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.11. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I2-V2..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.12. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I3-V3..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.13. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I1-V1... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.14. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I2-V2... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.15. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I3-V3... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.16. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com
-

aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.17. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2.... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.18. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3.... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.19. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.
..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.20. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I2-V2.
..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.21. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I3-V3.
..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.22. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.23. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I2-V2..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.24. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I3-V3..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.25. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.26. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.27. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**

-
- Tabela B.28. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I2-V2. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.29. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I3-V3. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.30. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.31. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I2-V2. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.32. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I3-V3. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.33. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.34. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.35. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.36. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.37. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.38. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I3-V3. **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.39. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com
-

aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.40. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.41. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.42. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.43. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.44. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I3-V3. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.45. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.46. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I2-V2..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.47. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I2-V2..... **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.48. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.49. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

Tabela B.50. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1. **Erro! Marcador não definido.**

-
- Tabela B.51. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática II-V1.
..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.52. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática II-V1.
..... **Erro! Marcador não definido.**
- Tabela B.53. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática II-V1.
..... **Erro! Marcador não definido.**

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

CAE	- Custo anual equivalente do ciclo de vida dos edifícios	[€/ano]
PMV	- <i>Predicted mean vote</i> (voto médio previsto)	
A	- Área da opção construtiva	[m ²]
A_p	- Área útil do pavimento	[m ²]
A_v	- Área de envidraçados	[m ²]
$g_{\perp 100}$	- Fator solar do envidraçado com o sistema de proteção 100% ativo	
$g_{\perp \text{vidro}}$	- Fator solar dos vidros do envidraçado	
i	- Taxa de atualização de uma série de capitais	[%/ano]
M_{si}	- Massa superficial útil	[kg/m ²]
P	- Potência consumida pelos ventiladores e bombas	[W]
P_d	- Pé direito médio	[m]
\dot{Q}	- Caudal de ar renovado	[m ³ /s]
\dot{Q}_{AN}	- Caudal de ar renovado por ventilação natural	[m ³ /s]
U	- Coeficiente global de transferência de calor	[W/m ² .K]
U_{wdn}	- Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite dos envidraçados	[W/m ² .K]
V_{ar}	- Velocidade do ar no interior dos espaços climatizados	[m/s]
VR	- Valor “residual” do investimento no fim de vida do edifício	[€]

Siglas

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

5R1C – 5 Resistências e 1 Capacitância

ISO – International Organization for Standardization

IVA – Imposto sobre valor acrescentado

IMI – Imposto municipal sobre imóveis

IRC – Imposto sobre o Rendimento das pessoas coletivas

IPPC – Intergovernmental Panel on Climate Change

GCM – Global Climate Model

AQS – Água quente sanitária

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Com a crescente exigência de qualidade das condições no interior dos edifícios, e com um interesse cada vez maior em adotar medidas sustentáveis face às alterações climáticas, é necessário perceber que diferenças haverá no clima, e quais os efeitos que as mesmas terão no consumo energético dos edifícios, em especial sobre os equipamentos AVAC. Por isso, é um desafio crescente preparar os edifícios no século XXI para conseguirem proporcionar conforto térmico a um custo mínimo de energia, levando em consideração o aquecimento atual e futuro do clima [Ren e Chen, 2018].

É importante garantir condições de conforto térmico, pois o mesmo tem uma influência de modo positivo à capacidade produtiva das pessoas e traz vantagens em termos de laser e de descanso. No entanto, este nem sempre é fácil de conseguir, seja por limitações do local ou dos equipamentos seja porque as condições ambientais que o garantem dependem de um número elevado de fatores (vestuário, atividade metabólica, etc...) e porque elas próprias variam de pessoa para pessoa.

É estimado que edifícios (residenciais, de serviços e de comércio) consumam cerca de 40% da energia total consumida no planeta. Como este valor é muito afetado pelo consumo de energia nos países nórdicos, com elevadas necessidades de aquecimento, em Portugal o peso dos edifícios no consumo de energia global é substancialmente inferior. Em termos do consumo global de energia por cada edifício, os equipamentos de AVAC são responsáveis por uma parcela assinalável, prevendo-se que a mesma seja de cerca de 33% no caso dos edifícios residenciais e cerca de 37% nos de comércio e nos de serviços [McGraw-Hill Construction, 2010]. Face a isto, é então importante perceber qual o impacto que as alterações climáticas vão ter sobre a capacidade de garantir conforto térmico no interior dos edifícios, assim como sobre o consumo de energia pelos respetivos equipamentos de AVAC.

O senso comum diz-nos que, em climas moderados como o Português, o aumento da temperatura do ar exterior como consequência das alterações climáticas irá levar a menores necessidades de energia para aquecimento e a maiores necessidades de energia para arrefecimento. Dado o significativo peso relativo destas necessidades face às necessidades globais de energia dos edifícios [Lam et al, 2008], é importante identificar se o aumento das necessidades de arrefecimento é compensado ou não pela diminuição das necessidades de aquecimento.

Um dos fatores relevantes para ter um edifício com baixas necessidades energéticas é, a orientação do mesmo, que é um fator importante na medida em que pode permitir uma maior fonte de aquecimento através de uma maior exposição ao sol, o que pode provocar um aumento da temperatura interior. Há também um conjunto de outras implicações, pois nem todos os edifícios servem os mesmos propósitos. Os edifícios podem ter fins de prestação de serviços ou domésticos, pelo que o tipo de atividade, ocupação e os equipamentos ativos (não AVAC) podem variar de edifício para edifício, assim estes podem libertar quantidades de carga térmica elevada que podem influenciar o conforto térmico dos ocupantes, e consequentemente as necessidades de energia do edifício.

Para que um edifício consiga fazer frente às consequências das alterações climáticas, assim como consiga assegurar uma poupança económica relacionada com a climatização e garanta uma redução do consumo de recursos energéticos, será estudada a importância da implementação de alguns elementos construtivos, nomeadamente, a colocação de isolamento térmico nos elementos da envolvente opaca e a aplicação de palas para sombreamento dos vãos envidraçados.

1.2. Estado da Arte

Aguiar et al (2002) elaboraram um estudo onde compararam o uso de diferentes modelos globais para uma compreensão dos efeitos que as alterações climáticas futuras irão ter sobre o consumo de energia. O estudo de Aguiar et al (2002) assenta na dependência, face aos modelos de alterações climáticas que considerou, das necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento do edifício em questão, assumindo o mesmo localizado em três locais alternativos de Portugal continental, um a norte outro no centro e outro no sul. Os resultados obtidos por Aguiar et al (2002) indicavam um grande aumento das necessidades de arrefecimento no Norte, e uma redução das necessidades de aquecimento (que é percentualmente menor em comparação com o centro e o sul). No Sul as necessidades de aquecimento seriam as que mais iriam reduzir (percentualmente) e onde haveria um grande aumento das necessidades de arrefecimento.

Belcher et al (2005) desenvolveram um método, que designaram por *Morphing Procedure*, destinado a gerar dados climáticos, para simulação térmica de edifícios, que levam em consideração as prováveis alterações climáticas. Esta metodologia assenta numa combinação de dados climáticos atuais com outros dados de modelos de previsão para cenários futuros pré-definidos.

Para quatro cenários possíveis de alterações climáticas, Larsen et al (2020) comparam previsões das necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento dos edifícios Europeus no ano 2050 com as correspondentes necessidades previstas para condições climáticas históricas (assumidas como sendo iguais à média dos anos 1996 a 2005). Estes autores previram uma diminuição das necessidades de energia para aquecimento e um aumento das necessidades de energia para arrefecimento em todos os 37 países que consideraram. Previram que esta diminuição e este aumento não será igual em todos os países e que estas variações dependerão também do cenário de alterações climáticas que vier a ocorrer. Segundo os resultados que apresentam para todos os quatro cenários, os edifícios localizados em Portugal não serão nem os menos nem os mais afetados pelas alterações climáticas, colocando-os algures a meio da tabela. No entanto, na publicação de Larsen et al (2020) não é apresentada qualquer informação sobre os edifícios, pelo que não será possível efetuar comparações com os valores que se pretende a obter no decurso do presente trabalho.

Para cinco edifícios localizados em três zonas climáticas representativas do clima Português, Saraiva (2017) e posteriormente Raimundo et al (2020) relacionam a espessura e a localização da aplicação do isolante térmico EPS (poliestireno expandido) nos elementos construtivos opacos da envolvente. Com base nos resultados que obtiveram identificam valores ótimos para aqueles dois parâmetros quer em termos de custo económico do ciclo de vida dos edifícios quer em termos de consumos anuais de energia. Nestes dois estudos é assumido que o controlo do funcionamento dos sistemas de AVAC é efetuado recorrendo a *set-points* da temperatura o ar no interior dos edifícios.

Costa (2018) completou os trabalhos anteriores considerando que o controlo do funcionamento dos sistemas de AVAC dos cinco edifícios era realizado recorrendo a *set-points* de PMV (*predicted mean vote* – voto médio previsto), sendo o valor de PMV estimado recorrendo ao algoritmo proposto na norma ISO 7730 (2005). Assumindo que os edifícios incorporam as soluções construtivas ótimas identificadas por Saraiva (2017), Costa (2018) estuda a influência que a região climática e a classe de conforto térmico assegurada têm sobre o custo anual equivalente da utilização de cada um dos cinco edifícios. Quer no estudo de Saraiva (2017) quer no de Costa (2018) quer no de Raimundo et al (2020) são utilizados dados climáticos de referência representativos do clima atual.

1.3. Objetivos

O presente trabalho pretende dar continuidade aos estudos de Saraiva (2017) e de Costa (2018), considerando agora os edifícios expostos ao clima mediterrânico Português do ano 2070, o qual, devido às alterações climáticas que já estão a ocorrer, terá seguramente especificidades diferentes das do clima atual.

O principal objetivo assenta na caracterização energética e económica das soluções construtivas de edifícios mais apropriadas para fazer face ao clima resultante das alterações climáticas que se avizinham. De entre as várias possibilidades dar-se-á prioridade à identificação da melhor localização e da espessura

ótima do isolamento térmico a aplicar nos elementos opacos da envolvente e á orientação, geometria e comprimento recomendados de palas de sombreamento dos vãos envidraçados.

Em termos climáticos serão considerados 3 cenários: o clima atual (Histórico); o resultante de alterações climáticas de média intensidade (B1) e o resultante de alterações climáticas extremas (A2), formulados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change das Nações Unidas (IPCC, 2007).

Os resultados serão obtidos recorrendo ao software *SEnergEd*, o qual permite a simulação do comportamento energético de edifícios e o cálculo do custo anual equivalente do ciclo de vida dos mesmos.

A análise de resultados será realizada recorrendo a previsões do custo anual equivalente, do consumo de energia pelos sistemas de AVAC do edifício, das necessidades de energia para aquecimento e das necessidades de energia para arrefecimento.

Serão considerados seis edifícios diferentes, um apartamento, uma moradia, uma clínica com internamento, uma escola, uma agência bancária e um supermercado.

Os edifícios serão considerados implantados em três locais (Funchal, Ansião e Mirandela) pertencentes a zonas climáticas distintas, os quais no seu conjunto representam as várias condições climáticas do clima mediterrânico Português.

Considerar-se-á que o controlo do funcionamento dos sistemas de AVAC dos edifícios pode ser efetuado alternativamente através de 7 tipos de controlo diferentes: 3 por *set-point* baseado no PMV (Predicted Mean Vote, Voto Médio Previsto, ISO 7730:2005); 3 por *set-point* baseado na temperatura do ar interior; e a situação sem sistemas de AVAC.

Seguindo o recomendado por Saraiva (2017) e Raimundo et al (2020), selecionou-se para material isolante térmico o EPS (poliestireno expandido). Serão testadas três localizações alternativas para o isolante térmico (pelo interior, no meio na caixa de ar e pelo exterior do elemento opaco) e serão analisadas espessuras do mesmo desde 0 (sem isolante) até 12 cm.

Considerar-se-ão sistemas de sombreamento fixos, podendo ser do tipo pala vertical (à esquerda ou à direita) ou pala horizontal. Para um mesmo caso, todas as palas terão o mesmo comprimento, para as quais serão testados comprimentos desde 0 (ausência de palas) até 150 cm. Dependendo da sua orientação, cada vão envidraçado poderá não possuir palas, ser sombreado por apenas uma pala (horizontal ou vertical) ou ser sombreado por duas palas (uma horizontal e outra vertical).

2. METODOLOGIAS

Para garantir o máximo de realismo na análise energética, económica e das necessidades energéticas de um espaço a climatizar é necessário recorrer a uma metodologia de cálculo adequada. Para realizar este trabalho recorreu-se à versão 4.11 do software *SEnergEd* [Raimundo, 2017; Costa, 2018], o qual determina as cargas térmicas, os consumos energéticos e o custo anual equivalente (CAE) do ciclo de vida de um edifício. Este programa permite, em alternativa, o controlo do funcionamento dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e ar condicionado (AVAC) quer por *set-points* de temperatura quer por *set-points* do voto médio previsto (*predicted mean vote*, PMV) conforme descrito na norma ISO 7730 (2005).

A realização do presente trabalho assenta em previsões das condições climatéricas futuras do clima mediterrânico Português, o qual também será afetado pelas alterações climáticas que já estão a ocorrer. A antevisão das características da realidade climatérica deste clima no futuro foi efetuada através de um algoritmo assente em dois passos (Belcher et al, 2005). No primeiro passo utilizou-se um modelo do tipo *Global Climate Model* (GCM) para efetuar uma previsão das alterações climáticas que poderão ocorrer em vários cenários prováveis. No segundo passo aplicou-se uma metodologia conhecida por “*Morphing Procedure*”, através da qual se combinam os dados climáticos horários atuais com as suas possíveis alterações obtidas no passo anterior.

2.1. Ferramenta de Cálculo – Software *SEnergEd*

O programa *SEnergEd*, tem como principal base de funcionalidade a simulação dinâmica horária e monozona segundo um modelo 5RIC (cinco resistências e uma capacitância), apresentada originalmente na norma ISO 13790 (2006) e mais tarde detalhadamente explicada por Raimundo (2008).

Assim sendo, o propósito do programa é poder realizar uma simulação energética de um edifício e calcular o valor do custo anual equivalente (CAE) do seu ciclo de vida, considerando todos os fatores que aproximem o resultado da realidade, desde os custos do terreno e da construção de tudo presente no edifício, também a ocupação assim como a utilização de equipamentos (equipamentos específicos, iluminação, AVAC), propriedades dos vários tipos de opções construtivas, taxas e impostos, etc. Conforme se encontra detalhado no relatório da Dissertação de MiEM do Luís Costa (Costa, 2018), o software *SEnergEd* simula o comportamento térmico do edifício assumindo o controlo dos sistemas de AVAC ou por *set-points* da temperatura do ar interior ou por *set-points* do PMV previsto para os ocupantes (ISO 7730, 2005).

2.1.1. Inputs

Para a realização dos cálculos é necessária uma série de *Inputs*, começando por definir a localização do edifício em estudo. A partir do local o programa faz uso de ficheiros climáticos horários com uma série de variáveis importantes ao cálculo, como por exemplo a temperatura e a humidade relativa. Ficheiros esses que são fundamentais para os objetivos deste trabalho, por se poderem alterar os conteúdos para o estudo dos efeitos das alterações climáticas. Também são introduzidas as características da fração autónoma do edifício, como a área útil de pavimento, A_p , e o pé direito médio, P_d , os perfis de funcionamento por um período quinzenal da ocupação, iluminação, equipamentos e sistemas de AVAC.

Outros dados gerais dos edifícios são considerados como o investimento do projeto, rendimentos, gastos anuais, assim como gastos ligados à manutenção.

Também são introduzidos dados que permitem calcular o Imposto anual pela propriedade do edifício (IMI) assim como outros impostos (IVA, IRC, etc.).

São também introduzidas as soluções construtivas do edifício, definindo a sua orientação assim como quantificar a área da opção construtiva, A , a massa superficial útil, M_{Si} , o coeficiente global de transferência de calor, U , o custo por metro quadrado, a cor da face exterior e fator de sombra de cada elemento da envolvente exterior. Também são calculadas as pontes térmicas lineares.

As características dos envidraçados têm como *inputs* a área de envidraçados, A_v , o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite, U_{wdn} , o fator solar dos vidros, $g_{\perp\text{vidro}}$ e o fator solar dos envidraçados com o dispositivo de proteção 100% ativo, $g_{\perp 100}$.

Para a utilização do edifício é definida a partir da densidade e perfis horários de ocupação e da potência instalada e perfis horários de iluminação e de equipamentos, havendo perfis para os dias de semana (de 2ª a 6ª feira), para os sábados e para os domingos. Também é introduzido o perfil de atividade média, em *Met* por pessoa assim como a resistência térmica do vestuário, em *clo*, para dia e noite ao longo das várias estações do ano.

Para definir a climatização do edifício é preciso escolher o tipo de *set-point* (temperatura ou PMV), assim quais os limites máximos e mínimos do *set-point* escolhido, a eficiência dos sistemas de climatização, a potência máxima do equipamento de climatização [kW], a contribuição de energia renováveis [kW/ano] e a introdução dos perfis de funcionamento do sistema de aquecimento e de arrefecimento.

A ventilação do edifício é caracterizada pelo o caudal de ar renovado pelo sistema mecânico, \dot{Q} , pela potência consumida pelos ventiladores e bombas, P , pela eficiência dos ventiladores, pelo caudal de ar renovado por ventilação natural, \dot{Q}_{AN} , pela existência ou não de *freecoolling*, pela existência ou não de sistema de recuperação de calor do ar rejeitado e sua eficiência e pela velocidade do ar no interior do espaço, V_{ar} [m/s].

2.1.2. Outputs

De entre a gama de resultados apresentados após cada cálculo destacam-se os valores anuais para o edifício (da necessidade de energia útil, do consumo anual de energia e do CAE) e os valores anuais por função (da necessidade de energia útil e do consumo anual de energia), nomeadamente para aquecimento, arrefecimentos, ventilação, iluminação, preparação de AQS e equipamentos específicos. São apresentados os valores das potências úteis mínimas que os equipamentos de AVAC devem ter para garantir os *set-points* impostos em 100% do tempo e em 97.5% do tempo. São ainda apresentados os valores de outros parâmetros de menor importância.

O programa *SEnergEd* apresenta também gráficos com a temperatura do ar no interior e no exterior do edifício, da potência térmica útil para aquecimento, arrefecimento e latente, do PMV (*predicted mean vote*) previsto para os ocupantes e para o PPD (*percentage of people dissatisfied*). A título de exemplo, apresenta-se na Figura 2.1 um gráfico da temperatura do ar no interior e no exterior do edifício para uma situação em que foram impostos set-points de temperatura.

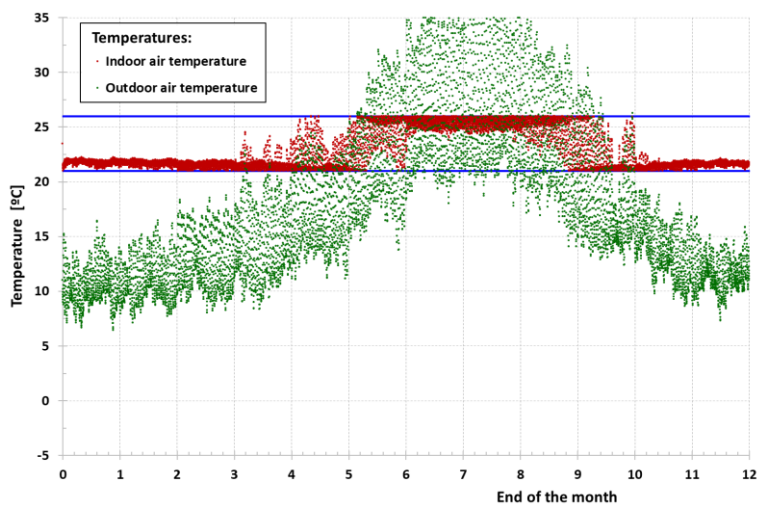


Figura 2.1. Exemplo de resultado em que é exibido a temperatura interior e exterior e o *set-point* a azul.

2.2. O Clima Português Atual

No sul do país e nas ilhas da Madeira e dos Açores o clima é ameno todo o ano, sendo possível atingir condições de conforto térmico sem grandes necessidades de energia. No entanto, à medida que se caminha para norte o clima torna-se mais intenso, apresentando invernos moderadamente frios e verões quentes. Mesmo assim, as temperaturas típicas nestas zonas climáticas nunca têm médias mensais abaixo de 0°C, normalmente com Invernos com temperaturas médias acima dos 10°C, e os meses de Verão com médias mensais acima dos 20 °C (Ritter, 2006).

Normalmente a densidade de nuvens é baixa, mesmo durante a noite, o que leva a grandes ganhos de calor durante o dia e a perdas significativas por radiação térmica para o céu frio durante a noite. Como resultado, é frequente a existência de grandes amplitudes térmicas durante os meses de verão.

Face à existência de assinaláveis diferenças climáticas ao longo do país, são estabelecidas pelo despacho nº 15793 F/2013 a existência de três zonas climáticas de Inverno (I1, I2, I3) e de três zonas climáticas de Verão (V1, V2, V3). Em que quanto maior o número do índice mais intenso é o clima nessa região durante essa estação do ano. Deste modo existem nove possibilidades para classificar o clima de um dado local do país: I1-V1, I1-V2, I1-V3, I2-V1, I2-V2, I2-V3, I3-V1, I3-V2 e I3-V3.

Para efeitos do presente estudo selecionaram-se três locais, um com um clima suave no Inverno e no Verão (logo, I1-V1), outra com um clima intermédio em ambas aquelas estações (I2-V2) e uma terceira com um clima intenso (I3-V3). Pensa-se que esta escolha se consegue uma boa representação da globalidade do clima do território Português.

Para representar o clima suave no inverno e no verão (I1-V1) selecionou-se um local a uma altitude acima do nível do mar $Z = 415$ m localizado no concelho do Funchal, na ilha da Madeira. Para representar o clima intermédio I2-V2 selecionou-se um local a uma altitude $Z = 361$ m localizado no concelho de Ansião, distrito de Leiria, em Portugal continental. Para representar o clima intenso I3-V3 selecionou-se um local a uma altitude $Z = 600$ m localizado no concelho de Mirandela, distrito de Bragança, em Portugal continental.

O software *SEnergEd* recorre a ficheiros climáticos de referência para cada Concelho do país, representativos das características climáticas atuais dessa zona. No âmbito do presente trabalho, as alterações ao clima de um dado Concelho são efetuadas atuando sobre o correspondente ficheiro climático, alterando o valor médio horário das diferentes variáveis que compõem o clima.

2.3. O Clima Português no Futuro

Como este relatório visa o estudo das alterações climáticas no edificado português é necessário determinar através de uma previsão como este clima será no futuro, por exemplo daqui a 50 anos, ou seja, em 2070.

2.3.1. Cenários possíveis

Com um maior aumento da industrialização, principalmente em países em desenvolvimento à procura de maior produção de riqueza e de décadas em que a preocupação ambiental em países desenvolvidos era posta em segundo plano, levou a que uma emissão de grande quantidade de gases de efeito de estufa. Esses efeitos são cada vez mais perceptíveis quer seja por uma sensação global de aumento de temperatura, ou por várias zonas do planeta sofrerem alterações drásticas nas suas paisagens ou até em regularidade em fenómenos climatéricos extremos.

Sendo impossível prever com exatidão as características do clima no futuro, resta a alternativa da presunção de cenários com maior ou menor probabilidade de ocorrência. Neste sentido, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* das Nações Unidas (IPCC) elaborou cenários com base em múltiplos fatores. Os cenários utilizados neste trabalho têm em consideração um determinado crescimento económico, um determinado crescimento populacional e a introdução de tecnologias mais eficientes do que as atuais (IPCC, 2007). Apresentam-se na Figura 2.2 o valor global do potencial de aquecimento da superfície terrestre previsto pelo IPCC para quatro cenários possíveis, identificados na figura como A2, A1B, B1 e *Constant composition commitment*.

De entre os cenários elaborados pelo IPCC selecionaram-se os apelidados por A2 e por B1, por parecerem ser os mais adequados para o presente estudo.

A2 - Segue um cenário onde ocorre um grande aumento populacional, onde há foco em um maior crescimento económico regional, que permite um maior aumento do rendimento per capita. e com uma implementação lenta de tecnologias mais eficientes e com pensamento no ambiente.

B1 – Neste cenário é considerado que haverá um crescimento populacional muito baixo e com um foco em tornar a economia global mais à base de serviços. Existe ainda ênfase na procura de soluções para a sustentabilidade e a equidade económica, social e ambiental, mas sem grandes iniciativas e com implementação de tecnologias com preocupação ambiental.

Este estudo assenta assim num cenário extremo, chamado A2, e num cenário médio, apelidado de B1.

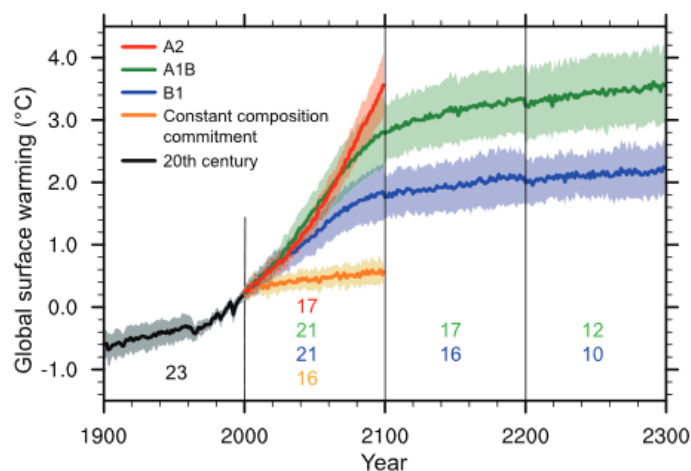


Figura 2.2. Evolução prevista da temperatura na superfície terrestre para os vários cenários segundo o IPCC (2007).

2.3.2. Recurso à metodologia *Morphing Procedure*

Para adaptação dos ficheiros climáticos, necessários às simulações, a uma realidade futura resultante das alterações climáticas em curso, recorreu-se a uma metodologia conhecida por *Morphing Procedure* (Belcher et al, 2005). Este método consiste em criar dados climáticos a partir de uma junção de dados climáticos históricos e de dados climáticos futuros previstos por modelos climáticos. Os ficheiros climáticos de base utilizados são ficheiros com dados horários, do tipo dos utilizados em simulação energética de edifícios e de sistemas de coletores solares.

O primeiro passo para a determinação desses dados climáticos foi definir que modelos climáticos ou *Global Climate Model* (GCM) iriam ser usados. Uns dos GCM's a considerar neste trabalho foram produzidos pelo Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCMA, 2005, 2007), os quais apresentam valores para todo o planeta definidos por zonas em termos de latitude e longitude. Os ficheiros a utilizar foram obtidos por download a partir do site do Environment and Climate Change Canada. Assim os GCM's utilizados e a sua respetiva resolução são apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Modelos climáticos utilizados e a sua resolução.

Modelo Climático Global	Resolução (lat, long)
MIROC3.2-medres	2.8125° × 2.76727°
CM3	5.00° × 5.00°
CGCM3.1/T47	3.75° × 3.75°
CGCM3.1/T63	2.81° × 2.81°

Alguns dos *GCM's* utilizados apresentam várias simulações, estando no total representadas 10 *runs*, pelo que foi feita uma média geral de cada variável.

A metodologia *Morphing Procedure* pode ser aplicada recorrendo a três métodos, um baseado num acréscimo, outro assente num fator de escala e um terceiro que é uma combinação ponderado dos dois anteriores, os quais podem ser representados genericamente pelas equações (1) a (3) seguintes, respetivamente (Belcher et al, 2005).

O primeiro consiste numa soma entre os dados climáticos históricos para cada hora e a diferença média mensal entre os dados de previsão dos *GCM's* e o dos ficheiros climáticos históricos em que x_o são os dados do clima atual e Δx_m é a diferença na média mensal de uma variável.

$$x = x_o + \Delta x_m \quad (1)$$

O método baseado num fator de escala α_m , que representa a fração da diferença no valor da média mensal entre os dados previstos e os do clima atual, pode ser genericamente representado como

$$x = \alpha_m x_o \quad (2)$$

O método assenta na combinação dos dois anteriores pode ser expresso pela equação genérica

$$x = x_o + \Delta x_m + \alpha_m \cdot (x_o - \langle x_o \rangle_m) \quad (3)$$

As variáveis em que foi aplicada a metodologia *Morphing Procedure* foram a temperatura de bolbo seco, a humidade relativa e as radiações solares global e difusa.

O método utilizado para o cálculo da temperatura de bolbo seco foi o terceiro algoritmo, da combinação da diferença e fator de escala. Para determinar humidade relativa e para as radiações solares global e difusa foi utilizado o segundo algoritmo, o do fator de escala.

Para determinar o valor futuro da temperatura de bolbo (*dbt*) seco é necessário obter primeiro o valor para cada mês (sub-índice *m*) do fator de escala α_m , neste caso designado por αdbt_m

$$\alpha dbt_m = \frac{\Delta TMAX_m - \Delta TMIN_m}{\langle dbt_{0,max} \rangle_m - \langle dbt_{0,min} \rangle_m} \quad (4)$$

em que ΔT representa o valor da diferença entre os valores previstos pelos GCM e o correspondente valor no clima atual, mais especificamente da média mensal da temperatura máxima diária ($\Delta TMAX_m$) e da média mensal da temperatura mínima diária ($\Delta TMIN_m$), $\langle dbt_{0,max} \rangle_m$ representa o valor médio mensal das temperaturas máximas diárias do clima atual e $\langle dbt_{0,min} \rangle_m$ o valor médio mensal das temperaturas mínimas diárias do clima atual (Belcher et al, 2005).

O valor em cada hora, do mês *m* em apreço, da temperatura de bolbo seco (*dbt*) é obtido recorrendo à expressão

$$dbt = dbt_0 + \Delta TEMP_m + \alpha dbt_m \times (dbt - \langle dbt_0 \rangle_m) \quad (5)$$

em que dbt_0 é o correspondente valor da temperatura de bolbo seco no clima atual, $\langle dbt_0 \rangle_m$ representa o valor médio mensal das temperaturas médias diárias do clima atual e $\Delta TEMP_m$ corresponde ao valor da diferença entre os valores previstos pelos GCM e o correspondente valor no clima atual da média mensal da temperatura (Belcher et al, 2005).

Os modelos climáticos *Global Climate Model* (GCM) utilizados não apresentam previsões para o futuro da humidade relativa, mas da humidade específica (IPCC, 2007). Assim, a obtenção da humidade relativa nos climas futuros passa por primeiro obter os correspondentes valores da humidade específica (*SPHU*) e depois convertê-los para humidade relativa (*RHU*). Tendo em consideração que os GCM apresentam a humidade específica em percentagem e recorrendo ao método genericamente representado pela equação (2), o fator de escala para cada mês (α_m), neste caso designado por $\alpha SPHU_m$, pode ser obtido recorrendo à seguinte expressão

$$\alpha SPHU_m = 1 + \Delta SPHU_m / 100 \quad (6)$$

em que $\Delta SPHU_m$ corresponde ao valor da diferença entre os valores previstos pelos GCM e o correspondente valor no clima atual da média mensal da humidade específica (Belcher et al, 2005).

O valor em cada hora, do mês *m* em apreço, da humidade específica (*SPHU*) é obtido recorrendo à expressão

$$SPHU = \alpha SPHU_m \times SPHU_0 \quad (7)$$

onde $SPHU_0$ representa o correspondente valor da humidade específica no clima atual (Belcher et al, 2005).

Para calcular a radiação solar global do clima futuro recorre-se ao método do fator de escala genericamente representado na equação (2), o qual, agora designado por αgsr_m , vem

$$\alpha gsr_m = 1 + (\Delta RS DS_m / \langle gsr_0 \rangle_m) \quad (8)$$

em que $\Delta RS DS_m$ corresponde ao valor da diferença entre os valores previstos pelos GCM e o correspondente valor no clima atual da média mensal da radiação solar global e $\langle gsr_0 \rangle_m$ representa o valor médio mensal da radiação solar global no clima atual (Belcher et al, 2005).

Para obter uma previsão da radiação solar global do clima futuro, em cada hora do mês em apreço, é apenas necessário multiplicar o fator de escala obtido para esse mês pelo correspondente valor atual horário desta radiação, gsr_0 , vindo

$$gsr = \alpha gr_m \times gsr_0 \quad (9)$$

Tendo em conta que a radiação difusa é proporcional à radiação global, é legítimo assumir que o fator de escala αgr_m também pode ser aplicado ao caso da radiação difusa (Belcher et al, 2005). Assim, para obter uma previsão da radiação solar difusa do clima futuro, em cada hora do mês em apreço, é apenas necessário multiplicar o fator de escala αgr_m para esse mês pelo correspondente valor atual horário desta radiação, dsr_0 , vindo

$$dsr = \alpha gr_m \times dsr_0 \quad (10)$$

2.3.3. Adaptação dos ficheiros climáticos

Com recurso às metodologias anteriores foi possível produzir ficheiros climáticos relativos ao ano 2070 para os três concelhos a considerar neste estudo, Funchal ($Z = 415$ m), Ansião ($Z = 361$ m) e Mirandela ($Z = 600$ m), representativos, respetivamente, de zonas climáticas Portuguesas I1-V1, I2-V2 e I3-V3. Como resultado ficaram disponíveis para cada um dos três locais anteriores três ficheiros climáticos com dados horários, um com o clima de referência atual (que passamos a identificar como Histórico), outro com o clima previsto assumindo um cenário moderado para as alterações climáticas (B1) e um terceiro com o clima previsto assumindo um cenário de alterações climáticas extremas (A2).

Apresenta-se nos gráficos da Figura 2.3 o impacto global sobre o clima no ano 2070 nas três zonas climáticas em apreço caso se verifiquem as hipóteses associadas a cada um dos cenários anteriores. Para o efeito apresentam-se nesta figura os valores anuais médios, mínimos e máximos e o correspondente valor do desvio padrão, da temperatura do ar, da humidade relativa, da radiação solar global e da radiação solar incidente num plano horizontal.

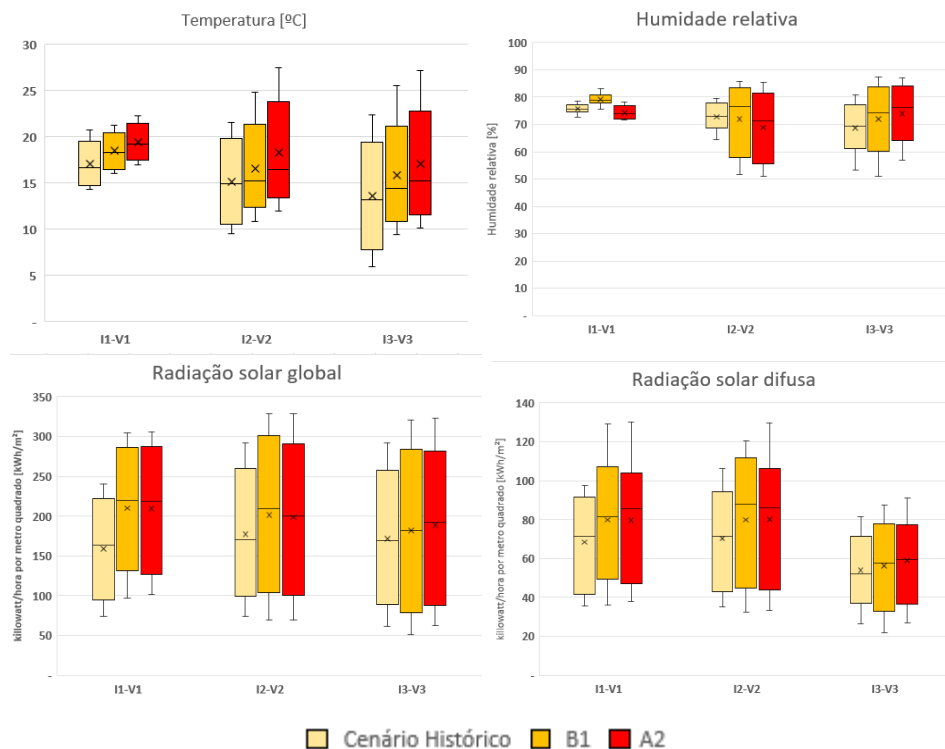


Figura 2.3. Representados (da direita para a esquerda) em aplicação para cada uma das zonas climáticas em estudo.

Analisando os valores presentes na Figura 2.3 constata-se que para o Funchal (I1-V1) e relativamente ao cenário histórico, a temperatura média do ar é superior em 1,40°C no caso do cenário B1 e em 3,09°C no caso do cenário A2, a humidade relativa é superior em 3,38% no B1 e é inferior em 1,43% no A2 e a radiação solar incidente num plano horizontal é superior em 16,7% no B1 e em 16,4% no A2.

Em relação à zona climática I2-V2 (Ansião) os valores presentes na Figura 2.3 mostram que, relativamente ao cenário histórico, a temperatura média do ar é superior em 1,45°C no caso do cenário B1 e em 3,58°C no caso do cenário A2, a humidade relativa é inferior em 0,8% no B1 e em 4,02% no A2 e a radiação solar incidente num plano horizontal é superior em 13,5% no B1 e em 13,8% no A2. Apesar de se estar a prever um menor valor médio da humidade relativa nos cenários B1 e A2 face ao cenário histórico, esta diferença não será igual em todos os meses do ano, sendo mais acentuada nos meses de verão.

Em relação à zona climática I3-V3 (Mirandela) os valores representados na Figura 2.3 indicam que, relativamente ao cenário histórico, a temperatura média do ar é superior em 2,30°C no caso do cenário B1 e em 3,43°C no caso do cenário A2, a humidade relativa é superior em 3,27% no B1 e em 5,36% no A2 e a radiação solar incidente num plano horizontal é superior em 4,3% no B1 e em 9,4% no A2.

Com estes resultados, o clima do Funchal no cenário A2 apresenta-se como o mais favorável em termos de conforto térmico aos ocupantes. Principalmente, pelo aumento da temperatura e diminuição da humidade relativa.

2.4. Requisitos de Conforto Térmico

Neste trabalho estuda-se a possibilidade de garantir o conforto térmico dos ocupantes dos espaços interiores dos edifícios recorrendo a dois tipos de controlo do funcionamento do sistema de climatização: por set-points do voto médio previsto (*PMV*, *predicted mean vote*, ISO 7730-2005) e por set-points da temperatura do ar (T_{ar}).

Em termos de requisitos de conforto térmico a garantir no interior dos espaços consideraram-se sete possibilidades, as quais foram designadas por A, B, C, 0, T5, T3 e T1, e cujos *set-points* de controlo do funcionamento do sistema de climatização são os apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. *Set-points* de funcionamento do sistema de climatização.

Tipo de controlo	<i>Set-points</i> do sistema de climatização	<i>PPD</i>
A	$-0.25 \leq PMV \leq +0.25$	6%
B	$-0.50 \leq PMV \leq +0.50$	10%
C	$-0.75 \leq PMV \leq +0.75$	17%
0	Sem sistema de climatização	
T5	$20 \leq T_{ar} \leq 25$ °C	
T3	$21 \leq T_{ar} \leq 24$ °C	
T1	$22 \leq T_{ar} \leq 23$ °C	

De realçar que o tipo de controlo 0 corresponde a uma situação em que o edifício não possui qualquer sistema de climatização instalado, embora possua sistema de ventilação com capacidade para garantir os requisitos de qualidade do ar interior impostos pela regulamentação Portuguesa (SCE, 2013). Não havendo instalados sistemas de climatização também não é levado em consideração os custos de aquisição e instalação dos mesmos.

3. MATERIAL BASE PARA O ESTUDO

Neste capítulo são apresentados os seis edifícios a considerar no presente estudo, são descritas as suas características necessárias à simulação do seu comportamento energético e à análise financeira do seu ciclo de vida e são detalhados os aspetos cuja influência se pretende quantificar, nomeadamente a utilização de isolamento térmico nos elementos construtivos opacos e a aplicação de sombreamentos do tipo “pala” nos vãos envidraçados.

3.1. Edifícios Representativos do Edifício Português

De modo a envolver a diversidade de edifícios encontrados em Portugal são analisados vários tipos de edifícios residenciais e de serviços. Mais propriamente um apartamento, uma moradia, uma clínica privada, uma escola secundária, um supermercado e uma agência bancária. Face aos cinco edifícios analisados por Saraiva (2017) e por Costa (2018) é incluído um novo edifício, uma agência bancária.

3.1.1. Apartamento

Este apartamento foi considerado pela primeira vez num trabalho de Raimundo et al. (2011a), do qual se apresenta na Figura 3.1 a correspondente planta. Trata-se de uma fração autónoma inserida num edifício multifamiliar, tem uma área útil de pavimento $A_p = 109,40 \text{ m}^2$ e um pé-direito $P_d = 2,6 \text{ m}$. A sua fachada principal está voltada a sul.



Figura 3.1. Planta do apartamento (Raimundo et al, 2011a)

O apartamento é um T3, com uma sala, uma cozinha, duas instalações sanitárias, uma circulação comum, um arrumo interior e três varandas exteriores. O sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) é baseado num sistema de coletores solares térmicos, com uma área de captação de $4,7 \text{ m}^2$, apoiado por uma caldeira a gás natural.

Encontram-se nas Tabelas A.1 do Anexo A informação mais detalhada sobre este apartamento, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para o construir e torná-lo habitável.

3.1.2. Moradia

Esta moradia foi considerada pela primeira vez num trabalho de Raimundo et. al (2011b), da qual se apresenta na Figura 3.2 a planta do seu piso principal (correspondente ao piso 1, que é o piso intermédio). Trata-se de um edifício residencial inserido num terreno e tem três pisos. Possui uma área útil de de pavimento $A_p = 167,13 \text{ m}^2$ e um pé-direito médio $P_d = 2,62 \text{ m}$. Área útil climatizada corresponde à área do piso intermedio e à do espaço de leitura no sótão da habitação.

A zona climatizada é composta por uma sala, um escritório, uma cozinha, dois quartos, duas instalações sanitárias, circulações e roupeiros. O piso inferior da moradia é composto por uma lavandaria, adega, arrumos e uma zona técnica. Pelo que ao abrigo do RCCTE (2006) todos estes espaços não considerados como espaços úteis, logo, não há a necessidade de ser um espaço climatizado.



Figura. 3.2. Planta da moradia (Raimundo et al, 2011b)

O sistema de preparação de AQS é baseado num sistema de coletores solares térmicos, com uma área de captação de $4,0 \text{ m}^2$, apoiado por uma caldeira a gás natural.

Encontram-se nas Tabelas A.2 do Anexo A informação mais detalhada sobre esta moradia, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para a construir e torná-la habitável.

3.1.3. Escola

Um dos edifícios de serviços estudados é uma escola que tem como referência a Escola Secundária Avelar Brotero, em Coimbra. A escola foi estudada originalmente por Claro (2015), que dividiu a planta do edifício em vários blocos como apresentado na Figura 3.3.

A entrada principal efetua-se através do bloco C, que tem uma orientação para Este. Este bloco possui 4 pisos, onde está incluído um salão polivalente, uma biblioteca escolar, a sala dos diretores de turma e a cozinha. O bloco D é composto pela sala de professores e pelo balneário. O bloco E é composto por um campo exterior coberto ou pavilhão desportivo. E nos blocos A e B, ambos constituídos por três pisos, é onde se encontram as salas de aula.

A área climatizada é constituída por salas de aula, salas de professores, gabinetes, secretarias, corredores, cantina, salão polivalente, instalações sanitárias e balneários. Esta escola possui uma área útil de pavimento $A_p = 11\,246 \text{ m}^2$ e um pé-direito médio $P_d = 3,0 \text{ m}$.

O sistema de preparação de AQS é baseado num sistema de 20 coletores solares térmicos, perfazendo uma área de captação de XX m², apoiado por uma caldeira a gás natural.

Encontram-se nas Tabelas A.3 do Anexo A informação mais detalhada sobre esta escola, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para a construir e torná-la utilizável como estabelecimento de ensino.

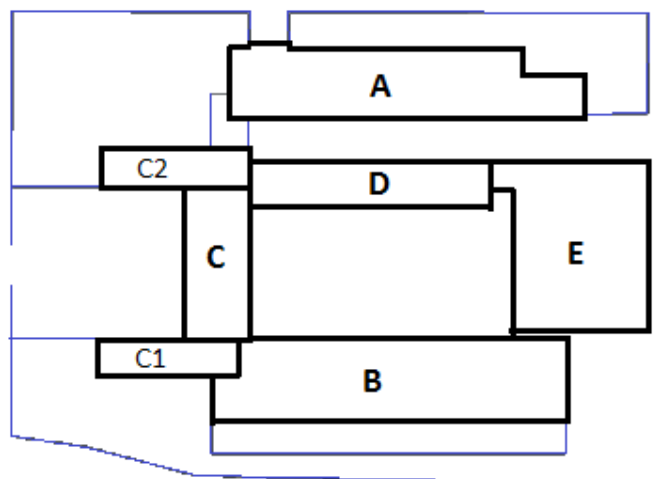


Figura 3.3. Divisão da planta da escola em vários blocos (Claro, 2015)

3.1.4. Agência Bancária

Face aos trabalhos de Saraiva (2017) e Costa (2018), neste trabalho é considerado mais um edifício, uma agência bancária. Este edifício foi originalmente considerado num trabalho de Raimundo et al. (2007), apresentando-se na Figura 3.4 a correspondente planta.

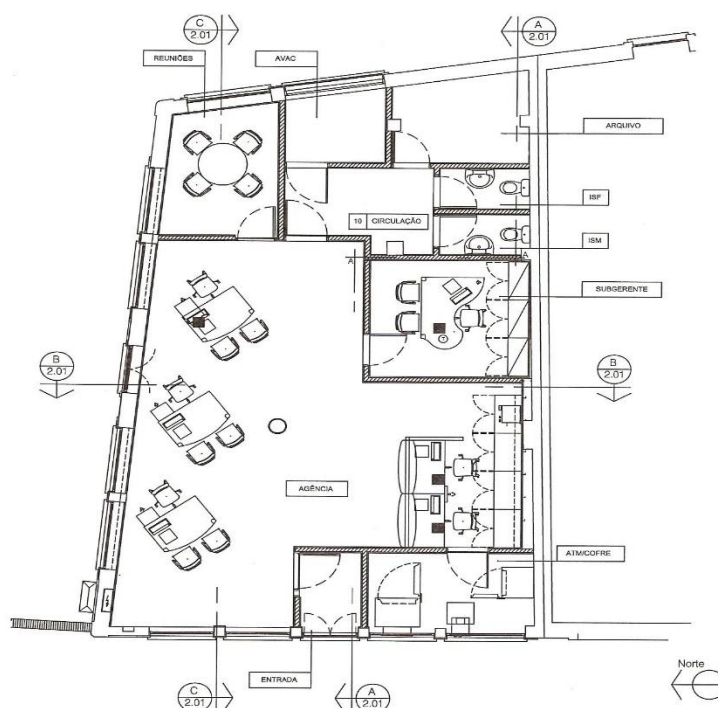


Figura 3.4. Planta da agência bancária (Raimundo, 2007)

Trata-se de uma fração autónoma de um edifício de vários andares de utilização mista (serviços e residencial), existindo esta agência bancária no Rés-do-Chão e apartamentos nos pisos superiores. A entrada principal fica voltada a Oeste, existindo a Este um edifício adjacente.

A agência bancária possui uma área útil de pavimento $A_p = 111,33 \text{ m}^2$ e um pé-direito médio $P_d = 2,6 \text{ m}$. É constituída por uma sala de reuniões, um arquivo, o gabinete do gerente, o espaço comum da agência, um espaço de entrada, uma sala de ATM/ cofre, uma instalação sanitária, um espaço de circulação comum e um espaço técnico onde estão colocadas as unidades exteriores do sistema de AVAC.

Esta agência bancária não dispõe de sistema de preparação de AQS. Encontram-se nas Tabelas A.4 do Anexo A informação mais detalhada sobre esta agência bancária, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para a construir e torná-la utilizável.

3.1.5. Clínica

O estabelecimento identificado como clínica destina-se à prestação de serviços médicos em ambulatório e ao internamento de doentes. Trata-se de uma fração autónoma que ocupa a quase totalidade do edifício a que pertence, o qual inclui ainda uma outra fração autónoma destinada a farmácia. Este edifício foi inicialmente considerado num trabalho de Raimundo et al. (2011c), do qual se apresenta na Figura 3.5 o correspondente layout de implantação. Para efeitos do presente trabalho considera-se apenas a fração correspondente à clínica, a qual tem uma área climatizada $A_p = 926,70 \text{ m}^2$ e um pé-direito médio $P_d = 3,73 \text{ m}$. A sua entrada principal está votada para Nordeste e a sua entrada de serviço para Noroeste.



Figura. 3.5. Clínica privada e terreno (Raimundo et al, 2011c)

A farmácia está localizada na extremidade Nordeste/Sudeste do edifício e é constituída por uma área de armazém, um espaço de atendimento e umas instalações sanitárias.

A clínica desenvolve-se em dois pisos, o Rés-do-Chão e o Piso 1. No Rés-do-Chão desta fração autónoma existem três instalações sanitárias, uma sala comum, um Hall de entrada para as salas, uma sala de jantar, uma cozinha, dispensa do dia, duas salas de vestiário do pessoal, um ginásio de fisioterapia, um armazém de medicamentos, uma lavandaria, uma sala de recolhe de roupa suja, uma sala de guarda de roupa limpa, circulações, gabinetes de exames, sala de tratamentos, gabinetes para consultas média, quartos (simples e duplos) com IS próprias para internamento de doentes e espaços técnicos para as unidades exteriores dos sistemas de AVAC e recolha de lixos. O piso superior é constituído por uma instalação sanitária, por três salas de serviços administrativos, o gabinete de direção, dois espaços de circulação e uma sala de reuniões.

O sistema de preparação de AQS é baseado num sistema de YY coletores solares térmicos, perfazendo uma área de captação de YY m², apoiado por uma caldeira a gás natural.

Encontram-se nas Tabelas A.5 do Anexo A informação mais detalhada sobre esta clínica, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para a construir e torná-la utilizável como estabelecimento de saúde.

3.1.6. Supermercado

O supermercado é um edifício isolado com um só piso térreo e com cobertura plana em terraço. Foi considerado pela primeira vez no âmbito da Dissertação de Vidigueira (2013) e tem uma área climatizada $A_p = 1\,035\text{ m}^2$ e um pé-direito médio $P_d = 3,6\text{ m}$. A sua entrada principal está voltada para Oeste, e o talho, a casa das máquinas e o armazém estão orientadas para Norte.

A parte climatizada do edifício inclui um talho, a área de vendas do Supermercado, uma Cafeteria, Instalações sanitárias, um escritório e quatro lojas independentes. Existem ainda dois espaços não climatizados, a casa das máquinas e o armazém.

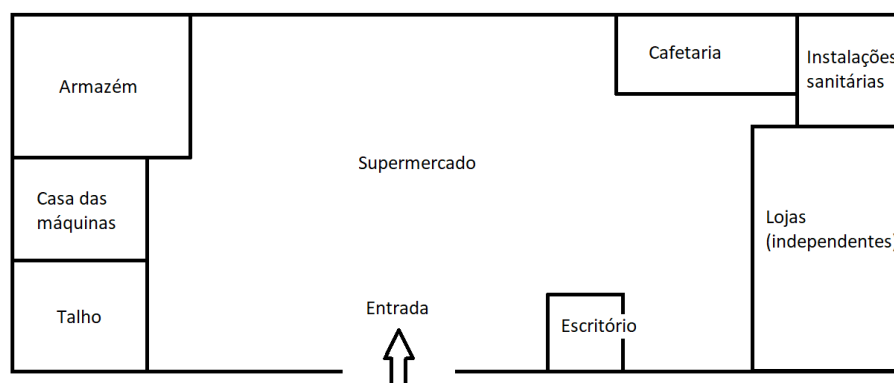


Figura 3.6. Supermercado (Vidigueira, 2013)

O sistema de preparação de AQS é baseado num sistema de coletores solares térmicos, perfazendo uma área de captação de 5,4 m², apoiado por uma caldeira a gás natural.

Encontram-se nas Tabelas A.5 do Anexo A informação mais detalhada sobre esta supermercado, nomeadamente a relacionada com o investimento requerido para o construir e torná-lo utilizável como estabelecimento de comércio.

3.2. Características dos Ocupantes

Todos os edifícios, quer sejam de serviços de comércio ou residências, têm uma utilização distinta consoante aquilo a que o edifício se destina. Logo, para garantir o conforto térmico dos ocupantes é preciso quantificar ao máximo as características dos mesmos. Isto é, deve-se caraterizar o seu nível de atividade, o vestuário utilizado ao longo do ano, o número máximo de ocupantes em cada espaço, assim como o correspondente perfil de ocupação. Sendo estes últimos dois fatores mais fáceis de determinar de um modo mais global, ao contrário, do nível de atividade e do vestuário.

Para determinar o nível de atividade médio recorreu-se à norma ISO 8996 (2004) e à Portaria n.º 353.A/2013, as quais quantificam a atividade metabólica (M) exercida pelos ocupantes de um determinado espaço em função da atividade exercida. Para caraterizar o vestuário recorreu-se à norma ISO 9920 (2007), que quantifica o isolamento térmico proporcionado por um conjunto de roupa (clo).

A moradia e o apartamento têm fins residências, pelo que grande parte da atividade dos seus ocupantes está relacionada com trabalhos suaves ou é de lazer. Seguindo o sugerido por Saraiva (2017) e Costa (2018), é apropriado considerar que os ocupantes destes edifícios apresentam um nível de atividade $M = 1,2$ met.

Para a escola como a área climatizada não envolve o pavilhão desportivo, e grande parte da atividade é sedentária, pelo que foi utilizado uma atividade média constante $M = 1,2$ met (Saraiva, 2017; Costa, 2018).

Como a atividade dentro da agência bancária é do tipo sedentário, é aceitável assumir também $M = 1,2$ met.

A atividade dos ocupantes da Clínica pode ser muito variada, havendo ocupantes sedentários e outros a exercer atividades físicas com algum relevo. Face a isto foi considerado apropriado assumir uma atividade metabólica média $M = 1,6$ met (Saraiva, 2017; Costa, 2018).

Dentro dos supermercados há essencialmente dois tipos de ocupantes, os funcionários e os clientes. A atividade física destes está essencialmente relacionada com a locomoção e o manejo de produtos, sendo, por norma, mais intensa a dos funcionários do que a dos clientes. Mesmo assim estamos perante níveis de atividade física moderada, sendo apropriado assumir um valor médio $M = 1,6$ met (Saraiva, 2017; Costa, 2018).

Apresenta-se na Tabela 3.1 a ocupação máxima assumida para cada um dos edifícios.

Tabela 3.1. Edifício em estudo e a sua ocupação máxima.

Edifício	Nº máximo de ocupantes
Apartamento	4
Moradia	4
Escola	1100
Agência Bancária	22
Clínica	151
Supermercado	194

O isolamento térmico do vestuário é caraterizado pela sua resistência média intrínseca durante o dia e durante a noite, as quais variam ao longo das estações do ano. Apresentam-se na Tabela 3.2 os valores considerados neste estudo, em cada uma das estações do ano, para o isolamento térmico promovido pelo vestuário dos ocupantes de cada um dos edifícios em apreço.

Tabela 3.2. Resistência térmica (clo) intrínseca do vestuário utilizado pelos ocupantes

Edifício em Estudo	Verão		Primavera/Outono		Inverno	
	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
Apartamento	0,70	1,40	1,00	2,00	1,30	2,60
Moradia	0,70	1,40	1,00	2,00	1,30	2,60
Escola	0,70	0,70	1,00	1,00	1,30	1,30
Agência Bancária	0,70	-	1,00	-	1,30	-
Clínica	0,70	1,40	1,00	2,00	1,30	2,60
Supermercado	0,70	0,70	1,20	1,20	1,70	1,70

3.3. Perfis de Ocupação e de Funcionamento

Em termos de perfis é necessário definir perfis de ocupação, de iluminação, de aquecimento, de arrefecimento, de ventilação e de funcionamento dos equipamentos não AVAC que equipam os edifícios. Para cada uma das funções anteriores é necessário definir dois tipos de perfis, um para caracterizar cada quinzena do ano e outro para caracterizar a ocupação ou o funcionamento ao longo das 24 horas de cada dia. Por sua vez, este último é dividido em três sub-perfis, um para os dias úteis da semana (de 2^a a 6^a feira), outro para os sábados e outro para os domingos.

Em termos de perfis quinzenais foi assumido que o apartamento e a moradia estão “fechados” durante a primeira quinzena de agosto, quando do gozo de férias dos ocupantes. Assumiu-se que a escola segue o calendário escolar tradicional Português, nomeadamente que está encerrada durante as férias escolares e a trabalhar a 30% durante os períodos de exame. Para a clínica, para a agência bancária e para o supermercado assumiu-se que têm um funcionamento ininterrupto ao longo de todas as quinzenas do ano.

Em termos de sub-perfis diários considerou-se que o apartamento, a moradia, a clínica e o supermercado têm ocupação todos os dias da semana e que a escola e a agência bancária estão fechadas aos sábados e aos domingos.

Em termos de sub-perfis horários assumiu-se que durante os dias úteis o apartamento e a moradia têm a sua ocupação plena entre as 18 horas e as 7 horas do dia seguinte e entre as 12 e as 14 horas e que estão desocupados durante as outras horas do dia. Durante os sábados e os domingos estes espaços estão ocupados a 100% entre as 18 e as 10 horas do dia seguinte e entre as 12 e as 14 horas e têm uma ocupação de 50% nas restantes horas do dia.

No caso da Escola esta está aberta apenas nos dias úteis da semana e entre as 7 e as 23 horas, tendo uma ocupação máxima no período da manhã entre as 9 e as 11 horas e na parte da tarde entre as 13 e 16 horas.

A Agência Bancária está aberta nos dias úteis entre as 7 e as 18 horas, com ocupação máxima entre as 9 e as 11 horas e entre as 14 e as 15 horas.

A Clínica como tem serviço de internamento, pelo que está aberta e ocupada a semana inteira durante as 24 horas de cada dia, apresentando a sua ocupação máxima entre as 8 e as 17 horas.

O Supermercado está aberto todos os dias com ocupação entre as 7 e as 24 horas, atingindo o pico da ocupação entre as 18 e as 19 horas. De modo a seguir a realidade, assumiu-se que este edifício tem uma ocupação mais intensa aos sábados e aos domingos do que nos restantes dias da semana.

3.4. Parâmetros para Avaliação Económico-financeira do Ciclo de Vida dos Edifícios

De entre os outputs económico-financeiros apresentados pelo software SEnergyEd, o que melhor representa a avaliação económico-financeira do ciclo de vida dos edifícios é o custo anual equivalente (CAE). A metodologia através da qual este parâmetro é determinado já se encontra descrita nos trabalhos de Saraiva (2017) e Costa (2018), como tal não se repete aqui.

Para uma análise completa e realista da avaliação económico-financeira do ciclo de vida dos edifícios é necessário ter em consideração uma série de parâmetros que aproxime os cálculos da realidade. O período de análise do ciclo de vida dos edifícios considerado neste estudo é de 50 anos.

Um dos parâmetros necessários à avaliação económica do ciclo de vida dos edifícios é a tarifa de compra de energia elétrica e de gás natural. Apresentam-se na Tabela 3.3 os valores considerados para estas tarifas, os quais são os mesmos que os utilizados por Costa (2018) e que foram retirados do site oficial com as estatísticas da União Europeia (Eurostat, 2018).

Tabela 3.3. Custo da energia elétrica e do gás natural para cada edifício (preços sem IVA)

Edifício	Apartamento	Moradia	Escola	Agência bancária	Clínica	Supermercado
Energia elétrica [€/kWh]	0,2031	0,2031	0,1493	0,1493	0,1493	0,1493
Gás natural [€/kWh]	0,0626	0,0626	0,0414	0,0414	0,0414	0,0414

Para realizar a avaliação económico-financeira dos edifícios considerou-se que, no caso dos edifícios residenciais, o valor residual do apartamento é $VR = 10\,000\text{ €}$ e que o da moradia é $VR = 70\,000\text{ €}$. No caso dos edifícios de serviços assumiu-se que $VR = 1\,500\,000\text{ €}$ para a escola, que $VR = 70\,000\text{ €}$ para a agência bancária e que $VR = 350\,000\text{ €}$ para a clínica. No caso do edifício de comércio, o supermercado, considerou-se que $VR = 130\,000\text{ €}$.

A determinação do valor dos gastos anuais com a manutenção de cada elemento do edifício em questão é efetuada multiplicando uma taxa de manutenção pelo investimento inicial com esse elemento. Para o efeito assumiu-se uma taxa de manutenção de 1.0%/ano para os elementos passivos (paredes, envidraçados, etc.) e de 4%/ano para os sistemas ativos (de AVAC, de AQS e de iluminação).

Assumiu-se um valor de 3%/ano quer para o aumento dos preços da energia quer para a taxa média de inflação quer para o custo efetivo do uso de capital (seja ele próprio ou pedido emprestado). Isto permitiu efetuar a avaliação económico-financeira a “preços constantes” considerando uma taxa de atualização de 3%/ano.

Em termos de titularidade considerou-se que os proprietários dos dois edifícios residenciais (o apartamento e a moradia) são pessoas singulares (indivíduos) e que os proprietários dos edifícios de serviços (escola, agência bancária e clínica) e do edifício de comércio (o supermercado) são pessoas coletivas (empresas). No caso das empresas assumiu-se que as mesmas apresentam um resultado económico positivo (\rightarrow dão lucro) e que se dedicam especificamente à mesma atividade a que o edifício em questão se destina.

Em termos de impostos foram levadas em consideração as poupanças fiscais, devidas aos investimentos e aos gastos com o edifício em questão, que os titulares do mesmo beneficiam em sede de IRS (imposto sobre o rendimento de pessoas singulares) ou de IRC (imposto sobre o resultado de pessoas

coletivas), conforme o caso. Foram ainda considerados o IMI (imposto municipal sobre imóveis) e o IVA (imposto sobre o valor acrescentado).

Sendo consumidores finais, os proprietários dos dois edifícios residenciais não têm a capacidade para recuperar o IVA pago, pelo que quer aos investimentos quer aos gastos anuais com estes edifícios há a acrescentar o IVA à taxa normal de 23%.

Nos três edifícios de serviços são prestados serviços isentos de IVA, como tal os proprietários dos mesmos não têm a capacidade para recuperar o IVA pago. Logo, quer aos investimentos quer aos gastos anuais com estes edifícios é necessário acrescentar o IVA à taxa normal de 23%.

Os preços dos produtos vendidos no supermercado incluem o IVA, o qual é posteriormente entregue à Autoridade Tributária. Como tal, os proprietários deste tipo de estabelecimentos têm a capacidade para recuperar o IVA pago. Logo, quer os investimentos quer os gastos anuais com estes edifícios não incluem o IVA.

3.5. Soluções Construtivas Opacas

Para poder ter uma maneira de comparar os resultados obtidos de uma maneira mais uniforme, as soluções construtivas (opacas e envidraçados) dos edifícios serão iguais para eles todos.

As soluções construtivas opacas foram selecionadas a partir das consideradas no trabalho de Saraiva (2017) e na publicação de Raimundo et al. (2020). Optou-se por considerar dois tipos de elementos opacos: soluções construtivas sem isolamento térmico; e soluções construtivas com isolamento térmico.

3.5.1. Soluções construtivas opacas sem isolamento térmico

Apresenta-se na Tabela 3.4 uma descrição dos elementos construtivos opacos considerados para a envolvente exterior dos edifícios, na situação em que estes não estão equipados com uma camada de isolamento térmico.

Tabela 3.4. Descrição e espessura dos elementos construtivos da envolvente opaca exterior (Saraiva, 2017).

Envolvente Opaca Exterior		
Elemento Construtivo	Espessura (cm)	Descrição (do exterior para o interior)
Parede Exterior	38	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Tijolo furado normal de 22 cm. Espaço de ar fracamente ventilado com 1 cm. Tijolo furado normal de 11 cm. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Pilar/Viga Exterior	38	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Betão armado (volume de ferro < 1 %) de inertes com 22 cm. Espaço de ar fracamente ventilado com 1 cm. Tijolo furado normal de 11 cm. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Caixa de Estore	35	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Caixa de estore com 31 cm de Poliestireno Expandido Moldado – EPS. Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
Pavimento sobre o Exterior	55	Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm. Laje aligeirada a uma vigota com 38 cm. Betão isolante com areia leve com 7,5 cm. Betonilha (argamassa) com 5,5 cm. Madeira de carvalho com 2 cm.

Cobertura Plana sobre o Exterior	33,3	Seixo (inerte) calcário com 4 cm. Feltro Betuminoso com 0,3 cm. Betonilha (argamassa) com 4 cm. Laje aligeirada a uma vigota com 23 cm (cerâmico 1 furo, 20 cm + betão 3 cm, base 16-30 cm). Reboco tradicional (argamassa) com 2 cm.
----------------------------------	------	---

A simulação de um edifício com o software *SEnergEd* requer a introdução de um conjunto de informação sobre os elementos opacos, nomeadamente sobre a área (A), a orientação, a cor da face exterior, os sombreamentos externos e os valores da massa superficial útil (M_{si}), do coeficiente global de transmissão térmica (U) e do custo de construção por m^2 ($Custo$).

Apresentam-se nas tabelas seguintes os valores obtidos por Saraiva (2017) para os parâmetros M_{si} , U e $Custo$, recorrendo à folha de cálculo *CalProTerm* (Raimundo, 2016) e ao Gerador de Preços Cype (Cype, 2017), no caso de soluções construtivas opacas sem isolamento térmico da envolvente exterior (Tabela 3.5), da envolvente interior (Tabela 3.6) e dos elementos de compartimentação interior (Tabela 3.7).

Tabela 3.5. Parâmetros característicos de cada elemento construtivo, IVA não incluído (Saraiva, 2017).

Envolvente Opaca Exterior	M_{si} (kg/m^2)	U ($W/m^2 \cdot K$)	$Custo$ ($€/m^2$)
Parede Exterior	150,0	0,872	57,10
Pilar ou Viga	150,0	1,364	141,49
Caixa de Estore	38,0	1,010	96,67
Porta Blindada Exterior	29,0	1,600	808,90
Pavimento Sobre o Exterior	150,0	1,169	177,21
Cobertura Plana não acessível sob o Exterior	150,0	2,402	86,63

Tabela 3.6. Parâmetros característicos de cada elemento construtivo da envolvente opaca interior, IVA não incluído (Saraiva, 2017).

Envolvente Opaca Interior	M_{si} (kg/m^2)	U ($W/m^2 \cdot K$)	$Custo$ ($€/m^2$)
Parede Exterior	134,0	1,019	47,02
Pilar ou Viga	150,0	1,215	141,49
Porta Blindada Exterior	29,0	1,600	808,90
Pavimento Sobre o Exterior	150,0	1,015	177,21
Cobertura sob o Interior	150,0	1,219	117,17

Tabela 3.7. Parâmetros característicos de cada elemento de compartimento interior, IVA não incluído (Saraiva, 2017).

Elementos de Compartimentação Interior	M_{si} (kg/m^2)	U ($W/m^2 \cdot K$)	$Custo$ ($€/m^2$)
Parede Fina	172,0	-	36,27
Parede Grossa	268,0	-	47,02
Pilares e Vigas	300,0	-	149,49
Porta Interior	18,00	-	280,23
Pavimento de compartimentação	300,00	-	117,21
Cobertura de compartimentação	300,00	-	117,17

3.5.2. Soluções construtivas opacas com isolamento térmico

O consumo de energia pelos sistemas de AVAC de um edifício depende, entre muitas outras causas, da espessura de isolamento térmico aplicada e da localização do mesmo na solução construtiva opaca. O acréscimo de custos associados ao investimento em isolamento térmico é contrabalançado por um menor consumo de energia pelos sistemas de AVAC, levando a que haja uma dependência do custo anual equivalente (*CAE*) do edifício em questão face ao material isolante térmico, à espessura aplicada e à sua localização no elemento construtivo opaco (Raimundo et al, 2020).

Saraiva (2017) e posteriormente Raimundo et al (2020) demonstraram que o poliestireno expandido (EPS) é o material economicamente mais vantajoso para o isolamento térmico dos elementos construtivos opacos dos edifícios localizados em Portugal. Como tal, é este o material isolante térmico considerado neste trabalho.

Em termos de espessura de EPS testam-se sete alternativas: 0 cm (sem isolamento térmico), 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 e 12 cm. Em termos de localização no elemento construtivo opaco consideram-se três possibilidades: isolamento pelo interior, isolamento intermédio (no interior da caixa-de-ar) e isolamento pelo exterior.

A título de exemplo, apresentam-se na Tabela 3.8 os valores dos parâmetros M_{si} , U e $Custo$ de uma parede exterior vertical em função da espessura de EPS e da sua localização. Os valores anteriores foram obtidos por Saraiva (2017) recorrendo à folha de cálculo *CalProTerm* (Raimundo, 2016) e ao Gerador de Preços Cype (Cype, 2017). Os correspondentes valores para os outros tipos de solução construtiva podem ser consultados nos trabalhos de Saraiva (2017) e de Costa (2018).

Tabela 3.8. Massa superficial útil, coeficiente de transmissão de calor e custo de construção por metro quadrado (IVA não incluído) de uma parede exterior em função da espessura de isolamento térmico (EPS) e da localização do mesmo (Saraiva, 2017).

Espessura	Isolamento pelo interior			Isolamento intermédio			Isolamento pelo exterior		
	M_{si} (kg/m ²)	U (W/m ² .K)	$Custo$ (/m ²)	M_{si} (kg/m ²)	U (W/m ² .K)	$Custo$ (/m ²)	M_{si} (kg/m ²)	U (W/m ² .K)	$Custo$ (/m ²)
0	150	0,87	57,10	150	0,87	57,10	150	0,87	57,10
1	9	0,71	67,51	134	0,71	61,76	150	0,71	98,86
2	9	0,61	68,26	134	0,61	62,51	150	0,61	99,61
3	9	0,53	69,01	134	0,54	63,26	150	0,53	100,36
4	9	0,47	69,76	134	0,47	64,01	150	0,47	101,11
5	9	0,42	70,51	134	0,43	64,76	150	0,42	101,86
6	9	0,39	71,26	134	0,39	65,51	150	0,39	102,61
8	9	0,33	72,75	134	0,33	67,00	150	0,33	104,10
10	9	0,28	74,65	134	0,28	68,90	150	0,28	106,00
12	9	0,25	77,56	134	0,25	71,81	150	0,25	108,91

3.6. Vãos Envidraçados

O tipo de vão envidraçado considerado neste trabalho é o identificado por Rebelo (2016) como o economicamente mais vantajoso para os edifícios localizados em Portugal. Este vão é composto por caixilho de alumínio com corte térmico e um vidro duplo incolor (vidro sem cor com espessura de 6 mm + 11 mm de caixa de ar + 4 mm de vidro sem cor) e tem como proteção exterior um estore de régua horizontais em plástico. Apresentam-se na Tabela 3.9 as características deste vão envidraçado necessárias à simulação de edifícios recorrendo ao software SEnegEd.

Tabela 3.9. Características e dados relativos aos vãos envidraçados (Rebelo, 2016).

U_{wdn} [W/m ² . K]	$g^{\perp_{vidro}}$	$g^{\perp_{100}}$	Custo médio dos envidraçados (sem IVA) [€/m ²]
2,465	0,79	0,05	184,52

Sendo que as suas propriedades são compostas pelo valor médio do coeficiente de transmissão de calor entre o dia e a noite, U_{wdn} , o fator solar dos vidros, $g^{\perp_{vidro}}$, e o fator solar do vão envidraçado com o seu sistema de proteção exterior 100% ativo, $g^{\perp_{100}}$.

O custo médio dos envidraçados inclui a sua aquisição, transporte e instalação e é composto pelo custo da janela mais o custo do dispositivo de proteção exterior, sendo que o primeiro é igual a 124,52 €/m² e o dispositivo de proteção é de 60 €/m².

3.7. Sistemas de AVAC

Assume-se que todos os edifícios são equipados com sistemas de AVAC, em que a ventilação é assegurada por ventiladores (no caso dos edifícios residenciais) e por UTAs nos restantes edifícios e em que a climatização assenta num sistema baseado num equipamento do tipo Chiller-Bomba-de-calor com ciclo de compressão-expansão. Considerou-se que os ventiladores e as UTAs apresentam uma eficiência de 70% e que o sistema de climatização tem um valor sazonal do *coefficient of performance* $COP = 4$ (em modo de aquecimento) e um valor sazonal do *energy efficiency ratio* $EER = 3$ (em modo de arrefecimento).

O sistema de AVAC tem ainda capacidade para humidificar o ar dos espaços quando a sua humidade relativa se encontra abaixo de 40% e de o desumidificar quando a mesma se encontra acima de 70%.

As hipóteses de arrefecimento noturno do tipo *freecooling* (no verão) e de recuperação de calor do ar de rejeição (no inverno) não foram consideradas.

As potências referentes a cada equipamento são introduzidas no programa, sendo a única variável que é considerada diferente de edifício para edifício. Os equipamentos AVAC só estão ligados quando o respetivo edifício tem ocupação.

3.8. Outros Sistemas Energéticos

A crescente exigência de qualidade na garantia de serviços ou de melhores condições habitacionais, de segurança ou simplesmente do avançar das necessidades básicas do ser humano causou um enorme aumento do consumo de energia. A iluminação do apartamento está ativa sempre que haja ocupantes, já os equipamentos estão sempre ligados mesmo durante os períodos da noite ou quando o apartamento está vazio, mas apenas a 5% da potência máxima.

Na moradia acontece o mesmo que no apartamento já que são ambas residências.

A iluminação da escola está acesa todos os dias, embora nos períodos em que não há ocupação seja mantida a 10% da potência máxima. Os outros equipamentos não AVAC estão ligados entre as 8 horas e as 20 horas, mas apenas nos dias úteis da semana. Sendo que, quer a iluminação quer os outros equipamentos funcionam no seu máximo quando a escola está na sua ocupação máxima. A agência bancária também tem os seus sistemas energéticos não AVAC com uma utilização idêntica à da escola.

A clínica tem a iluminação e os sistemas energéticos ligados o tempo inteiro, sendo que estes atingem o seu pico máximo entre as 9 e as 19 horas dos dias úteis da semana. Nos outros períodos os equipamentos em estão a 35% da sua capacidade máxima.

Durante o seu período de funcionamento (todos os dias entre as 9 e as 23 horas), os perfis de utilização, de iluminação e de funcionamento dos equipamentos não AVAC do supermercado variam pouco, atingindo o máximo durante as horas noturnas. Apenas a iluminação se mantém durante o período em que está fechado, a 20% da sua potência máxima.

3.9. Aplicação de Sistemas de Sombreamento – Palas

Embora dependente do comportamento da humanidade e das ações que venham a ser tomadas, as possíveis alterações climáticas vão levar a um aumento da temperatura do ar exterior e da radiação incidente nos edifícios. É previsível que isto leve a uma diminuição das necessidades de energia para aquecimento e a um aumento das necessidades de energia para arrefecimento. Estas últimas podem ser mitigadas aplicando sistemas de sombreamento aos envidraçados dos edifícios.

Os sistemas de sombreamento considerados são fixos, podendo ser do tipo pala vertical (à esquerda ou à direita) e/ou pala horizontal, podendo coexistir ambos num mesmo vão envidraçado. Apresentam-se na Tabela 3.10 as características e o custo de construção das palas consideradas neste trabalho. O custo por metro quadrado obteve-se a partir dos valores obtidos por Saraiva (2017) para os constituintes das soluções construtivas opacas.

Tabela 3.10. Descrição da pala aplicada.

Descrição	Custo (sem IVA) por metro quadrado [€/m ²]
Reboco tradicional com 2 cm + Tijolo furado com 22 cm+ Reboco tradicional com 2 cm	46,35

Para o estudo da aplicação de um sistema de sombreamento a orientação dos vãos envidraçados é o fator mais importante a ter em consideração, isto para perceber onde devem ser construídos ou colocados os sistemas de sombreamento. Apresenta-se na Tabela 3.11 os tipos de pala assumidos para cada uma das orientações possíveis dos vãos envidraçados.

Tabela 3.11. Localização dos sistemas de sombreamento em função da orientação do vão envidraçado.

Orientação	Vertical	Horizontal
Norte	Não	Não
Nordeste	Não	Não
Oeste	Sim (esquerda)	Não
Sudoeste	Sim (esquerda)	Sim
Sul	Não	Sim
Sudeste	Sim (direita)	Sim
Este	Sim (direita)	Não
Nordeste	Não	Não

Os edifícios considerados diferem muito entre si quer em termos de relação “área de envidraçados / área de opacos” quer em termos de orientação do vão envidraçados. listam-se na Tabela 3.12 as orientações dos vãos envidraçados dos edifícios aos quais é analisada a aplicação de palas segunda a lógica apresentada na Tabela 3.11.

Tabela 3.8. Orientação dos vãos envidraçados em que foi analisada a aplicação de palas.

<i>EDIFÍCIO</i>	OESTE	SUDOESTE	SUL	SUDESTE	ESTE
APARTAMENTO			X		X
MORADIA		X	X	X	X
ESCOLA	X		X		X
AGÊNCIA BANCÁRIA	X				X
CLÍNICA		X		X	
SUPERMERCADO	X		X		

Neste estudo comparam-se os ganhos da aplicação de novas palas face à arquitetura atual dos edifícios (arquitetura base), a qual já incorpora alguns sistemas de sombreamento (porque existem varandas ou outros elementos do edifício que sombreiam alguns envidraçados). Para o efeito são consideradas novas palas com comprimentos entre 0 metros (sem palas) e 1,50 metros, com incrementos de 0,25 metros. No entanto, nos envidraçados em que os ângulos de sombreamento na arquitetura base são superiores aos promovidos pelas novas palas, não se considera a existência de novas palas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho tem como objetivo estudar os efeitos das alterações climáticas nos edifícios localizados em Portugal, assim como a viabilidade do uso de isolamento térmico dos elementos opacos ou de um sistema de palas nos vão envidraçados. Para material isolante térmico selecionou-se o poliestireno expandido (EPS), analisando-se a influência da sua localização no elemento opaco e da espessura do mesmo aplicada. A influência da aplicação de palas fixas nos envidraçados é analisada em função do comprimento das mesmas.

Em termos de alterações climáticas são considerados três cenários: a manutenção do clima atual (designado por “cenário histórico”), existência de alterações climáticas moderadas (designado por “cenário B1”) e ocorrência de intensas alterações climáticas (designado por “cenário A2”).

Os seis edifícios em apreço são considerados localizados alternativamente em três locais do território Português, um com um clima suave (Funchal, $Z = 415$ m, clima I1-V1), um com um clima moderado (Ansião, $Z = 361$ m, clima I2-V2) e outro com um clima intenso (Mirandela, $Z = 600$ m, clima I3-V3).

Para garantir requisitos de conforto térmico são considerados sete tipos de controlo do sistema de climatização, três por set-points de PMV (A, B e C), três por set-points da temperatura do ar no interior dos espaços (T5, T3 e T1) e a situação em que não existe sistema de climatização (representada por “0”).

A análise que se apresenta a seguir baseia-se nos valores previstos pelo software *SEnergEd* para o custo anual equivalente (CAE) do ciclo de vida de cada um dos edifícios considerados, para a quantidade de energia consumida pelo sistema AVAC (Q) e para as necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento. Os valores ótimos dos parâmetros anteriores correspondem aos respetivos valores mínimos.

4.1. Influência do Isolamento Térmico dos Elementos Opacos

Neste subcapítulo apresenta-se e analisa-se a influência quer da localização do isolante térmico EPS no elemento opaco da envolvente de cada edifício (pelo interior, I, intermédio, M, ou pelo exterior, E) quer da espessura aplicada do mesmo.

4.1.1. Apartamento

Apresentam-se nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 os valores previstos para a espessura de isolamento térmico, para a localização do mesmo e para o CAE do apartamento nas situações economicamente ótima ($\rightarrow CAE$ mínimo) e energeticamente ótima ($\rightarrow Q$ mínimo), em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo o apartamento localizado nas zonas climáticas I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Nas figuras C.1 a C.12 do anexo C, estão representadas individualmente cada cálculo realizado para a localização do isolamento térmico em função da espessura para todos os cenários climáticos em apreço.

Tabela 4.1. Apartamento – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	5	M	112.73	12	I	114.17	2	M	110.68	12	I	112.69	0	-	109.99	12	I	112.61
B	4	M	108.86	12	E	111.51	0	-	107.10	8	M	108.27	0	-	106.80	2	I	108.36
C	0	-	106.82	12	E	109.69	0	-	105.29	3	M	106.15	0	-	105.19	0	-	105.19
T1	8	M	109.82	12	E	111.81	6	M	108.05	12	E	110.28	5	M	107.42	12	E	109.97
T3	8	M	108.72	12	E	110.81	6	M	107.12	12	E	109.50	4	M	106.46	12	E	109.13
T5	6	M	107.85	12	E	110.07	4	M	106.41	12	E	109.02	0	M	105.72	12	E	108.69

Tabela 4.2. Apartamento – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	8	M	115,04	12	E	117,21	6	M	114,46	12	E	116,73	6	M	114,28	12	E	116,62
B	8	M	110,92	12	E	113,09	6	M	110,24	12	E	112,57	5	M	110,36	12	E	112,82
C	8	M	108,92	12	E	111,11	6	M	108,20	12	E	110,60	4	M	108,29	12	E	110,90
T1	10	M	112,27	12	E	114,04	8	M	111,77	12	E	113,64	8	M	111,68	12	E	113,66
T3	8	M	111,00	12	E	112,88	8	M	110,54	12	E	112,53	8	M	110,40	12	E	112,48
T5	8	M	110,11	12	E	112,08	8	M	109,52	12	E	111,60	6	M	109,31	12	E	111,50

Tabela 4.3. Apartamento – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	8	M	116,95	12	E	118,92	8	M	115,30	12	E	117,41	8	M	114,59	12	E	116,78
B	8	M	112,67	12	E	114,58	8	M	111,11	12	E	113,26	6	M	110,81	12	E	113,09
C	8	M	110,60	12	E	112,59	8	M	109,22	12	E	111,41	6	M	108,89	12	E	111,28
T1	10	M	114,25	12	E	115,91	10	M	113,05	12	E	114,81	8	M	112,56	12	E	114,41
T3	10	M	112,89	12	E	114,64	8	M	111,81	12	E	113,67	8	M	111,30	12	E	113,27
T5	8	M	111,89	12	E	113,71	8	M	110,74	12	E	112,70	8	M	110,20	12	E	112,28

A partir destes tabelas é possível constatar que quanto mais extremo for o cenário climático futuro menor será a espessura ótima de isolamento térmico havendo uma redução global entre o CAE máximo e mínimo para cada set-point de 7,53 €/m² por ano para a zona climática I1-V1, de 6,84 €/m² por ano para o clima I2-V2, e de 8,06 €/m² por ano para o clima I3-V3.

Em termos energéticos, o aumento da espessura de EPS nas zonas climáticas I2-V2 e I3-V3 é sempre benéfico, independentemente do cenário futuro e do tipo de controlo do sistema de climatização. Já na zona climática I1-V1, espessuras de isolamento acima de um determinado valor podem ser prejudiciais economicamente.

Entre as zonas climáticas e cenário futuros, na zona climática I1-V1 no cenário histórico a implementação do isolamento para a redução do CAE permitirá uma redução de 5,91 €/m² por ano, no cenário B1 de 5,39 €/m² por ano e no cenário A2 de 4,80 €/m² por ano. No caso da zona climática I2-V2 para o cenário histórico haverá uma redução de 6,12 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,26 €/m² por ano e no cenário A2 de 5,99 €/m² por ano. Para a zona climática I3-V3 a redução no cenário histórico será de 6,35 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,08 €/m² por ano e no cenário A2 de 5,70 €/m² por ano.

Apresenta-se na Figura 4.1 o consumo de energia do sistema AVAC do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q.

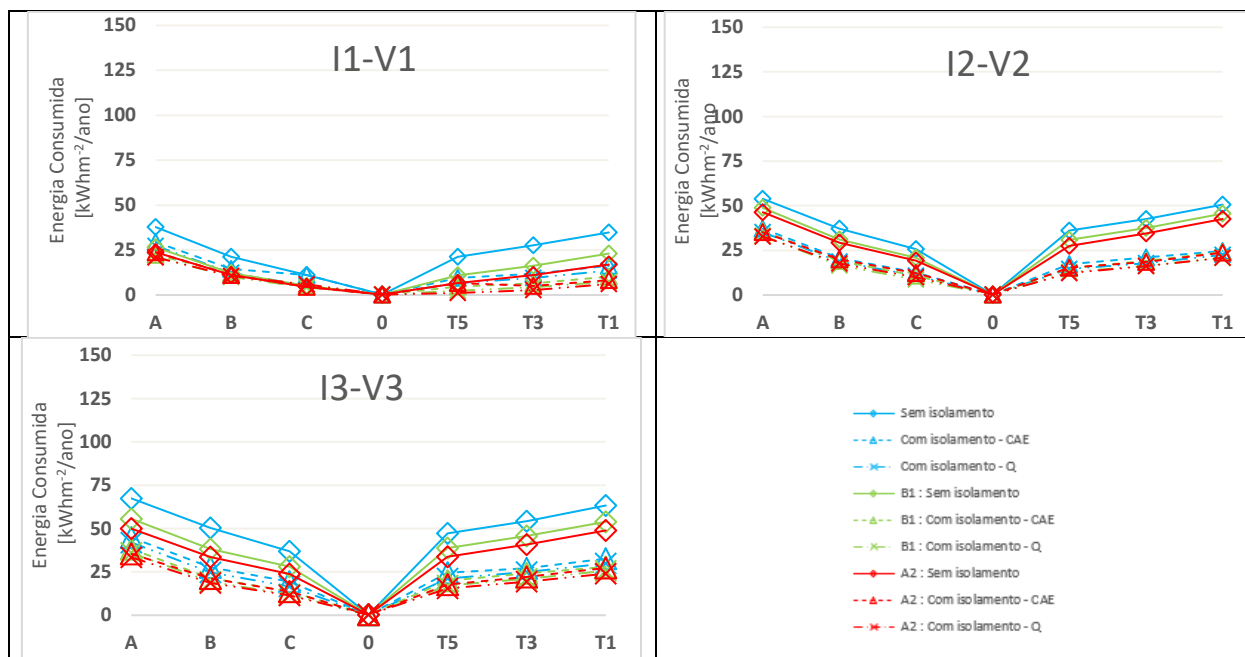


Figura 4.1. Energia consumida pelo sistema AVAC do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Analisando a figura é possível verificar que o consumo energético do sistema AVAC apartamento irá ter uma leve redução independentemente do quão extremo serão as alterações climáticas.

Na situação sem isolamento térmico, o consumo de energia do sistema AVAC deste edifício quando localizado nas zonas climáticas I1-V1 e I3-V3 diminui com o aumento da severidade da alteração climática, devido à diminuição das necessidades de aquecimento serem maiores que o aumento das necessidades de arrefecimento. No caso do Clima I2-V2 verifica-se que se a climatização for controlada por *set-points* de *PMV* os consumos serão idênticos nos dois cenários futuros (B1 e A2).

No local com o clima suave (I1-V1), o cenário histórico oferece um consumo de energia maior, seguido do cenário mais extremo, que tem um maior consumo de energia que o B1. O clima I3-V3 igualmente segue esses resultados. Em zonas climáticas I2-V2 e para a situação de isolamento térmico que leva ao CAE mínimo, o consumo energético é máximo para o cenário extremo seguido pelo cenário histórico.

Assim sendo, no caso do *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o objetivo de reduzir o consumo energético no cenário A2 para a zona climática I1-V1 haverá uma redução de 16,9 kWhm⁻²/ano, na zona climática I2-V2 de 21,1 kWhm⁻²/ano e de 34,0 kWhm⁻²/ano na zona climática I3-V3.

Apresenta-se na Figura 4.2 a representação das necessidades de energia para aquecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

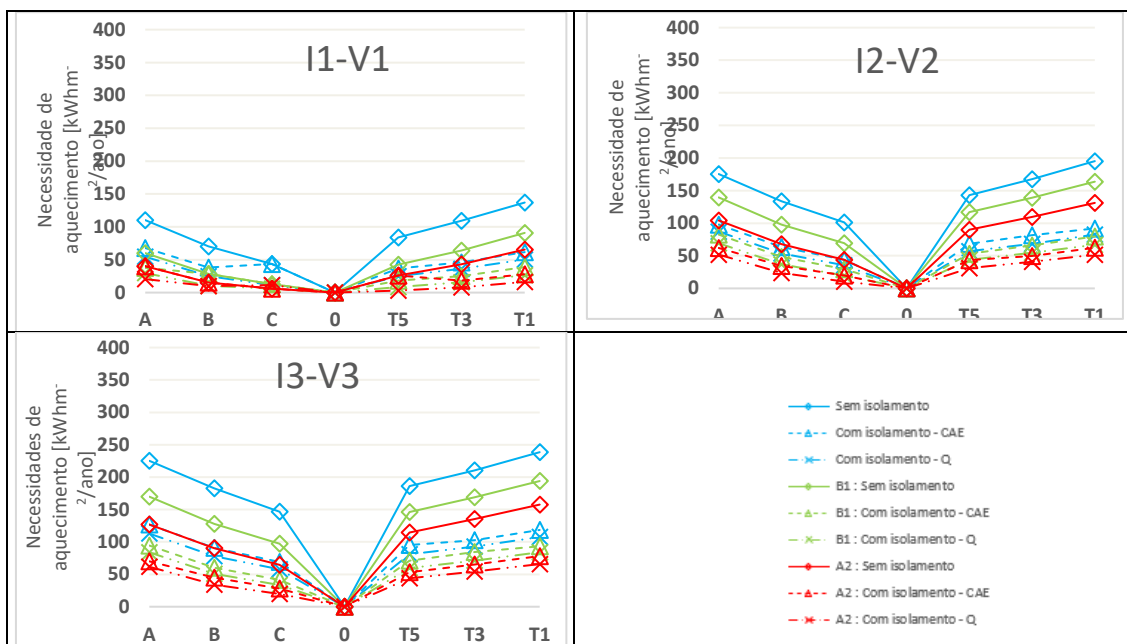


Figura 4.2. Necessidade energética de aquecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Para o caso da necessidade de aquecimento, é possível perceber que quanto mais extremas forem as alterações ao clima menor será a necessidade de aquecer o edifício, adicional, parte da energia poupada pelo uso de isolamento térmico traduz-se numa ainda maior redução das necessidades de aquecimento. Analisando economicamente haverá sempre poupança independentemente do tipo de controlo do sistema de climatização. E haverá ainda uma maior redução do CAE se o foco do uso da aplicação for meramente por questões relacionadas com a redução do consumo de energia.

Recorrendo ao controlo do funcionamento dos sistemas de AVAC por set-points de *PMV* conseguem-se garantir melhores condições de conforto térmico e menores necessidades de energia para aquecimento do que se esse controlo for efetuado por set-points de temperatura do ar. Por exemplo, comparando as necessidades de aquecimento nos casos extremos A e T1 no cenário histórico, verifica-se que na zona climática I1-V1 é de 110 e 140 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 176 e 195 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 225 e 238 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

Apresenta-se na Figura 4.3 a representação das necessidades de energia para arrefecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

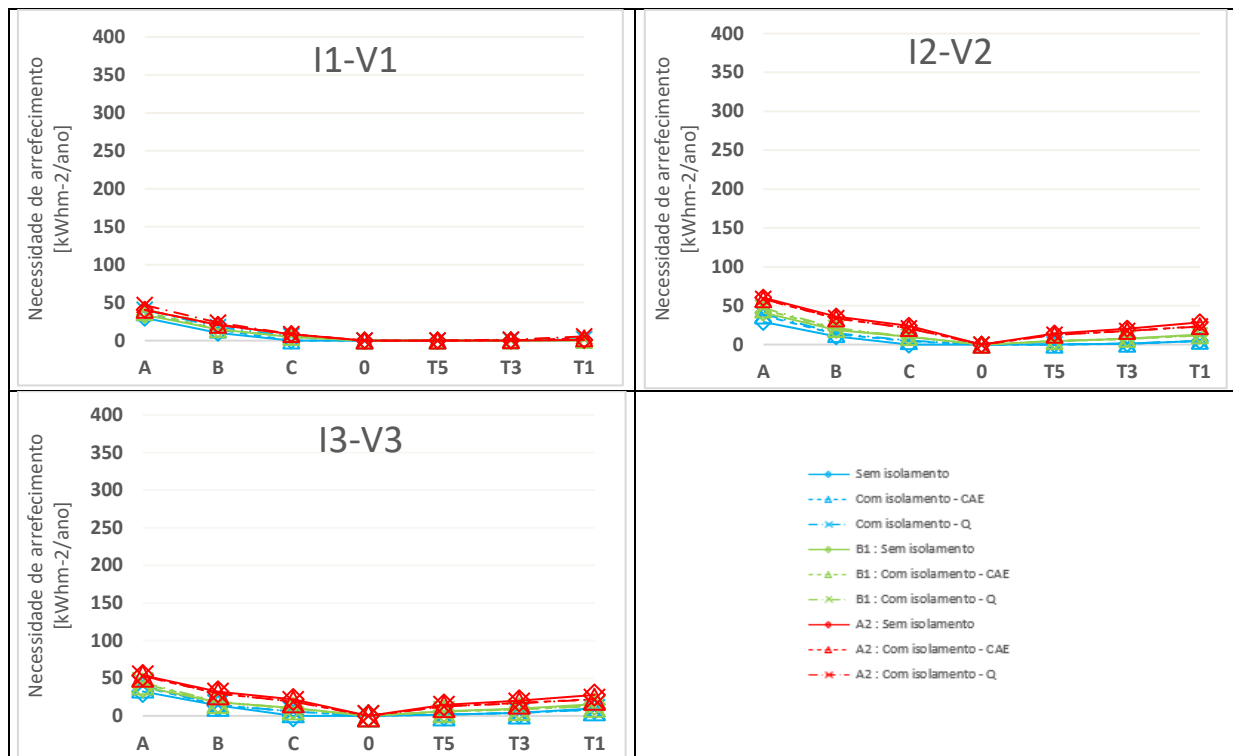


Figura 4.3. Necessidade energética de arrefecimento do apartamento em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

No caso das necessidades de energia para arrefecimento do apartamento, estas irão aumentar, assumindo um comportamento idêntico ao das necessidades de energia para aquecimento, com a diferença de que a potência necessária para o arrefecimento será maior com controlo do AVAC por *set-points* de *PMV*.

E comparando as necessidades de arrefecimento nos casos dos *set-points* A e T1, os casos da não aplicação de isolamento térmico, no clima I1-V1 é de 30 e 1 kWhm⁻²/ano, no clima I2-V2 é de 29 e 5 kWhm⁻²/ano e, por fim, no clima I3-V3 de 32 e 10 kWhm⁻²/ano.

4.1.2. Moradia

Para o caso do segundo edifício residencial, a moradia, os resultados sobre a aplicação e espessura do isolamento térmico estão presentes nas tabelas 4.4, 4.5 e 4.6.

No anexo C, as figuras C.13 a C.24, estão representadas individualmente os resultados para a localização do isolamento térmico em função da espessura para todos os cenários climáticos em estudo.

Tabela 4.4. Moradia – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	6	M	163.81	12	E	166.33	3	M	161.60	12	E	164.67	0	-	161.49	12	E	164.79
B	6	M	159.69	12	E	162.23	2	M	157.95	10	M	158.77	0	-	157.96	5	M	158.34
C	5	M	157.33	12	E	160.04	0	-	155.71	6	M	156.16	0	-	155.26	2	M	156.08
T1	10	M	161.51	12	E	163.42	8	M	159.08	12	E	161.36	6	M	158.39	12	E	160.98
T3	8	M	159.75	12	E	161.76	6	M	157.47	12	E	159.86	5	M	156.73	12	E	159.44
T5	8	M	158.50	12	E	160.66	6	M	156.51	12	E	159.10	4	M	155.82	12	E	158.72

Tabela 4.5. Moradia – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	8	M	166,94	12	E	168,97	8	M	166,14	12	E	168,35	8	M	166,32	12	E	168,61
B	8	M	162,57	12	E	167,02	8	M	161,69	12	E	163,88	8	M	162,05	12	E	164,36
C	8	M	160,02	12	E	162,09	8	M	159,15	12	E	161,42	8	M	159,51	12	E	161,95
T1	10	M	164,83	12	E	166,48	10	M	164,04	12	E	165,80	10	M	164,02	12	E	165,90
T3	10	M	162,80	12	E	164,54	10	M	162,11	12	E	163,97	10	M	162,06	12	E	164,03
T5	10	M	161,46	12	E	163,30	8	M	160,71	12	E	162,67	8	M	160,52	12	E	162,63

Tabela 4.6. Moradia – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	10	M	169,66	12	E	171,42	10	M	167,27	12	E	169,24	10	M	166,59	12	E	168,70
B	10	M	165,32	12	E	167,02	10	M	162,98	12	E	164,93	8	M	162,55	12	E	164,70
C	10	M	162,53	12	E	164,31	8	M	160,54	12	E	162,60	8	M	160,21	12	E	162,49
T1	10	M	167,65	12	E	169,10	10	M	165,78	12	E	167,40	10	M	165,15	12	E	166,90
T3	10	M	165,54	12	E	167,10	10	M	163,91	12	E	165,64	10	M	163,25	12	E	165,10
T5	10	M	164,04	12	E	165,71	10	M	162,44	12	E	164,27	10	M	161,76	12	E	163,71

Nas tabelas 4.4, 4.5 e 4.6, é possível verificar que o uso de isolamento térmico é viável economicamente e energeticamente, o CAE na aplicação para redução do custo económico tem uma diminuição no cenário B1 face ao histórico, e depois um aumento no A2 face ao B1.

É esperada uma diferença do CAE globalmente para o clima I1-V1, ou seja, entre o máximo e o mínimo obtido de 8,55 €/m² por ano, para o clima I2-V2 de 7,62 €/m² por ano e para o clima I3-V3 de 9,45 €/m² por ano.

Para as zonas climáticas e cenário futuros, a zona climática I1-V1 no cenário histórico e com a implementação do isolamento para a redução do CAE terá uma diminuição de 6,48 €/m² por ano, no cenário B1 de 5,89 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,29 €/m² por ano. Na zona climática I2-V2 no cenário histórico haverá uma redução de 6,92 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,99 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,81 €/m² por ano. Na zona climática I3-V3 a redução dentro do cenário histórico será de 7,13 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,73 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,38 €/m² por ano.

Apresenta-se na Figura 4.4 o consumo global de energia realizado pelo sistema AVAC da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q.

Analisando os gráficos apresentados na Figura 4.4 é possível ver semelhanças com o caso do apartamento. No caso da moradia o uso de isolamento térmico também é viável. Novamente quanto mais extremo for o cenário menor é o CAE, com uma exceção para a zona climática I2-V2, onde o cenário A2 apresenta um maior CAE do que o B1 se a climatização for controlada através de set-points de PMV. Analisando os valores de CAE para a espessura de isolamento ótima sob o ponto de vista energético, verifica-se uma situação semelhante à anterior na zona climática I1-V1, nomeadamente para um set-point por PMV do tipo B. Ou seja, neste caso o cenário A2 acabar por se revelar mais dispendioso que o B1.

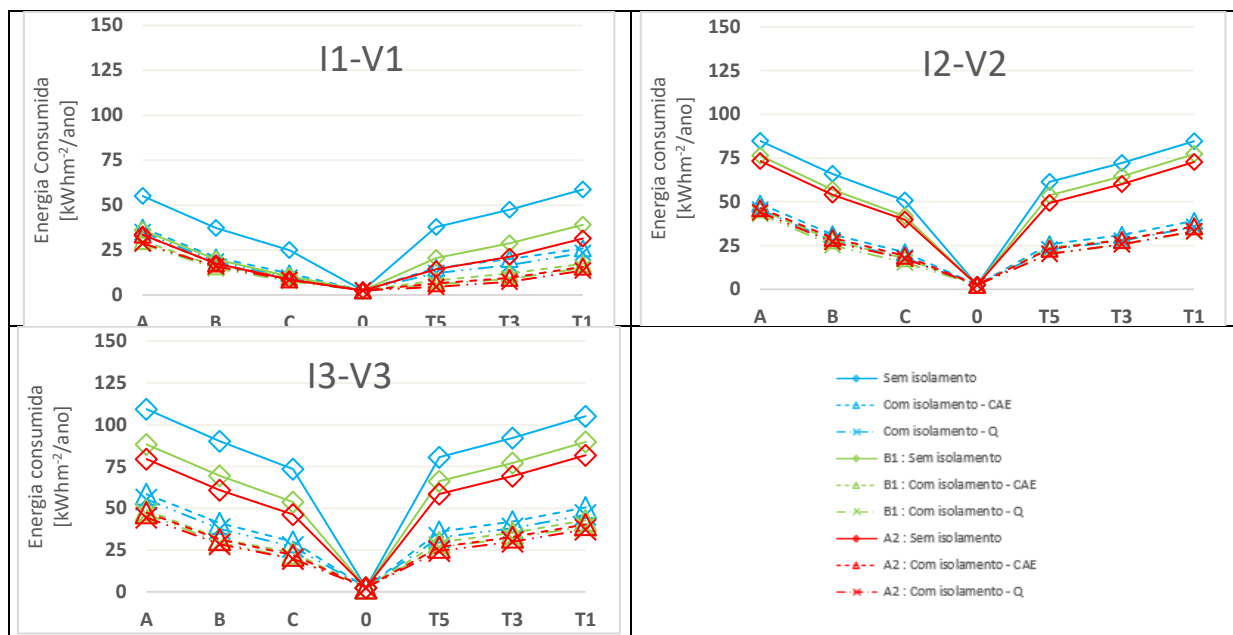


Figura 4.4. Energia consumida pelo sistema AVAC da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Em termos de energia consumida pelos sistemas AVAC, para todas as zonas climáticas onde não há aplicação de isolamento térmico ele diminui com o agravar das alterações climáticas.

A aplicação do isolamento térmico permite sempre uma redução desse consumo energético. Assim sendo, na zona climática I1-V1, consoante o agravamento das alterações climáticas, a aplicação do isolamento térmico para atingir um CAE mínimo para *set-points* por PMV acabam por não oferecer uma grande redução do consumo energético por parte dos sistemas de climatização. Isto é, a aplicação de isolamento térmico vai apenas permitir que haja uma pequena redução do consumo de energia. Já nos restantes *set-points*, a partir do controlo da temperatura, a aplicação do isolamento garante uma maior redução da energia consumida, especialmente no cenário histórico.

Em Ansião (clima I2-V2), a aplicação do isolante térmico leva a que haja uma redução do consumo de energia para o sistema AVAC pela moradia, não havendo diferença significativa entre os dois cenários futuros.

Em Mirandela (clima I3-V3), a aplicação do isolamento também permite a uma redução do consumo energético do sistema AVAC da moradia, mas para ambos os cenários futuros a aplicação deste leva a que os consumos de energia acabem por ficar extremamente próximos.

Quantitativamente para o *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o objetivo de reduzir o consumo energético no cenário A2, a zona climática I1-V1 terá uma redução de 26,3 kWhm⁻²/ano, na zona climática I2-V2 de 40,8 kWhm⁻²/ano e de 64,8 kWhm⁻²/ano.

Apresenta-se na Figura 4.5 a representação das necessidades de energia para aquecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

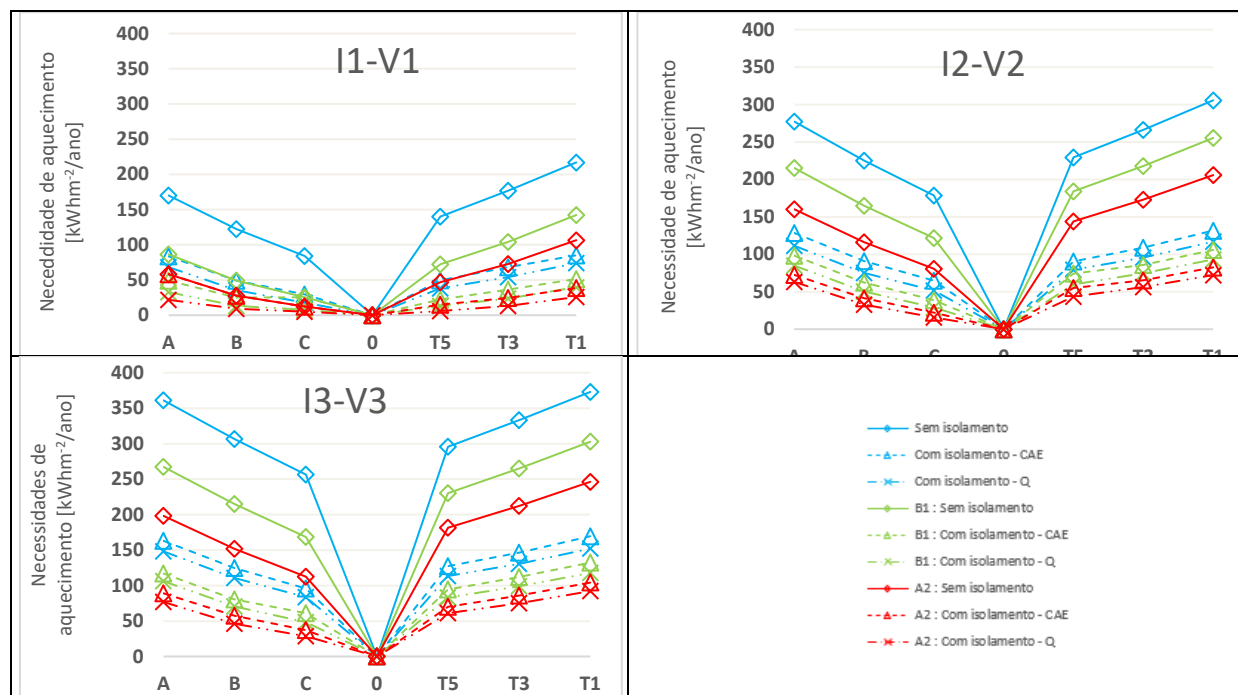


Figura 4.5. Necessidade energética de aquecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Os efeitos das alterações climáticas, já como observados anteriormente no caso do apartamento, permitem a uma grande redução das necessidades de aquecimento. Permitindo assim, com a aplicação de isolamento térmico, uma redução enorme nas necessidades de aquecimento, muito pela responsabilidade do acréscimo de temperatura.

Analisando os casos dos *set-points* A e T1, verifica-se que para a zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 170 e 217 kWhm²/ano, no I2-V2 é de 277 e 306 kWhm²/ano e no I3-V3 é de 361 e 373 kWhm²/ano, respetivamente.

Pode observar-se que, entre o não uso de isolamento térmico e o seu uso com foco em reduzir o CAE, que há uma redução considerável em todos os climas.

Apresenta-se na Figura 4.6 a representação das necessidades de energia para arrefecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

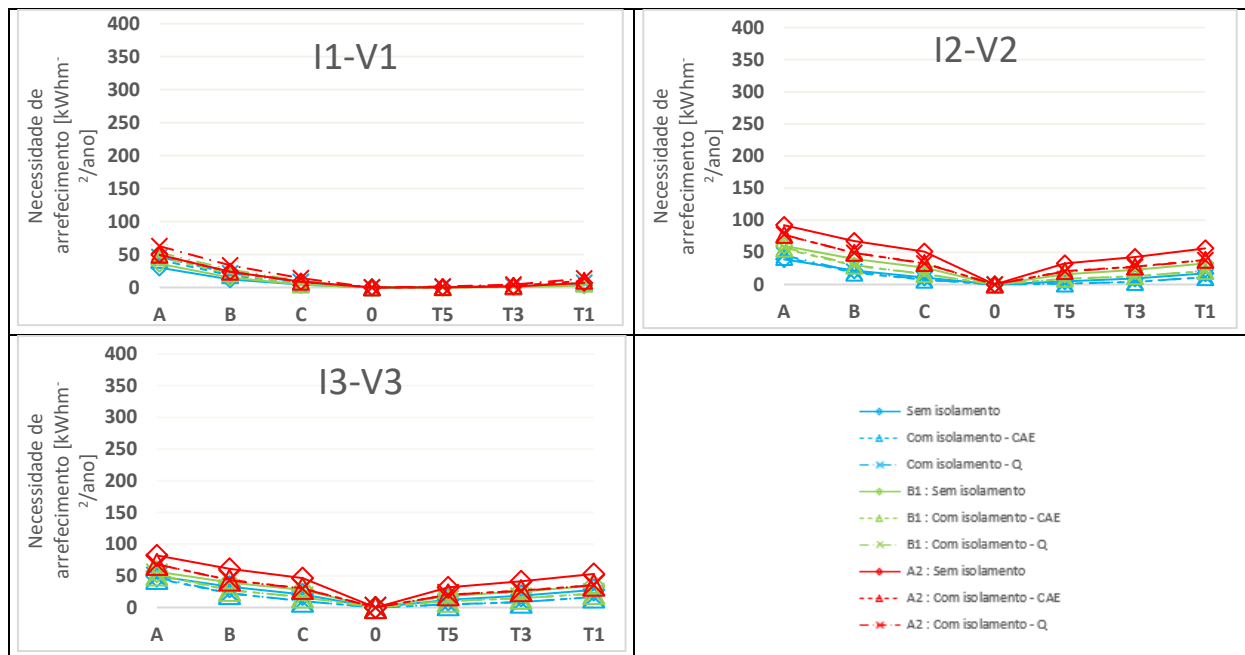


Figura 4.6. Necessidade energética de arrefecimento da moradia em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Como também verificado anteriormente nas necessidades de energia para arrefecimento do apartamento, a necessidade de energia para arrefecer a moradia irá aumentar com o aumento das temperaturas, logo com a severidade das alterações climáticas. Consta-se que essas necessidades são maiores quando a climatização é controlada por set-points de PMV, onde é considerado o conforto térmico, no qual um dos fatores que o define é a resistência térmica promovida pelo vestuário. Genericamente, verifica-se que quanto mais suave for a zona climática e maior for a severidade das alterações climáticas maior é a diferença da necessidade de energia para arrefecimento face ao cenário histórico.

Continuando com a comparação das necessidades de arrefecimento dos *set-points* A e T1, os casos da não aplicação de isolamento térmico, no clima I1-V1 é de 30 e 6 kWhm⁻²/ano, no clima I2-V2 é de 39 e 17 kWhm⁻²/ano e, por fim, no clima I3-V3 de 50 e 28 kWhm⁻²/ano.

4.1.3. Escola

Este é o primeiro edifício de serviços a ser analisado, os resultados previstos da espessura de isolamento térmico em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização para os sete *set-points* em estudo, e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo a escola localizada nas três zonas climáticas em estudo, I1-V1, I2-V2 e I3-V3 nas Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9.

Nas figuras C.25 a C.36 do anexo C, estão representadas individualmente os resultados da localização do isolamento térmico em função da espessura para todas as zonas climáticas em estudos e cenário climáticos futuros para o ano 2070.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	51.75	1	E	54.60	0	-	51.85	0	-	51.85	0	-	51.85	0	-	52.28
B	0	-	51.14	0	-	51.14	0	-	51.24	0	-	51.24	0	-	51.24	0	-	51.59
C	0	-	50.83	0	-	50.83	0	-	50.89	0	-	50.89	0	-	50.89	0	-	51.11
T1	0	-	52.24	12	E	55.56	0	-	51.72	3	E	54.66	0	-	51.71	1	E	54.58
T3	0	-	51.72	12	E	55.08	0	-	51.22	2	E	54.10	0	-	51.19	0	E	51.19
T5	0	-	51.36	12	E	54.78	0	-	50.92	2	E	53.82	0	-	50.89	0	-	50.89

Tabela 4.7. Escola – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	52.61	12	E	55.79	0	-	52.45	8	E	55.49	0	-	52.45	5	E	55.82
B	0	-	51.86	12	E	55.20	0	-	51.75	6	E	54.76	0	-	51.75	3	E	55.06
C	0	-	51.34	11	E	54.68	0	-	51.28	4	E	54.24	0	-	51.28	3	E	54.66
T1	4	M	53.28	12	E	56.08	0	-	53.12	12	E	56.03	0	-	53.23	12	E	56.32
T3	0	-	52.72	12	E	55.59	0	-	52.54	12	E	55.55	0	-	52.65	12	E	55.83
T5	0	-	52.27	12	E	55.25	0	-	52.08	12	E	55.20	0	-	52.17	12	E	55.46

Tabela 4.8. Escola – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	4	-	53,40	12	E	56,18	0	-	52,83	12	E	55,87	0	-	52,83	10	E	56,08
B	3	M	52,71	12	E	55,55	0	-	52,08	12	E	55,31	0	-	52,08	8	E	55,32
C	0	-	52,08	12	E	55,15	0	-	51,53	12	E	54,97	0	-	51,53	5	E	54,69
T1	5	M	53,96	12	E	56,64	4	M	53,52	12	E	56,28	0	-	53,54	12	E	56,37
T3	4	M	53,45	12	E	56,15	4	M	53,04	12	E	55,81	0	-	52,93	12	E	55,89
T5	4	M	53,05	12	E	55,79	0	-	52,59	12	E	55,46	0	-	52,44	12	E	55,53

Tabela 4.9. Escola – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

Apresenta-se na Figura 4.7 o consumo de energia pelo sistema AVAC da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q .

Em termos económicos, a aplicação de isolamento térmico aos elementos opacos da envolvente da escola revela-se pouco interessante, e a sua pequena vantagem decresce com a diminuição da severidade da zona climática. Adicionalmente, a aplicação de isolamento térmico perde interesse económico com o aumento da severidade das alterações climáticas futuras.

Se o foco da aplicação de isolamento térmico for a redução do consumo energético ao máximo, aí já existe alguma vantagem. Apesar de a aplicação deste ser mais útil nos climas mais intensos, tendo apenas o lado negativo de apresentar um CAE mais elevado consoante o aumento da extremidade dos cenários climáticos futuros.

Em termos do CAE globalmente haverá para o clima I1-V1 de 1,41 €/m² por ano, na zona climática I2-V2 o valor é de 2,00 €/m² por ano e para o clima I3-V3 é de 2,43 €/m² por ano. Para as zonas climáticas e cenário futuros, a zona climática I1-V1 no cenário histórico e com a utilização de isolamento para a reduzir o CAE haverá uma redução desse custo de 1,41 €/m² por ano, no cenário B1 de 0,96 €/m² por ano e no cenário A2 de 0,96 €/m² por ano. Na zona climática I2-V2 no cenário histórico haverá uma redução de 1,94 €/m² por ano, no cenário B1 de 1,37 €/m² por ano e no cenário A2 de 1,48 €/m² por ano. Finalmente, para a zona climática I3-V3 a redução dentro do cenário histórico será de 1,88 €/m² por ano, no cenário B1 de 1,99 €/m² por ano e no cenário A2 de 2,04 €/m² por ano.

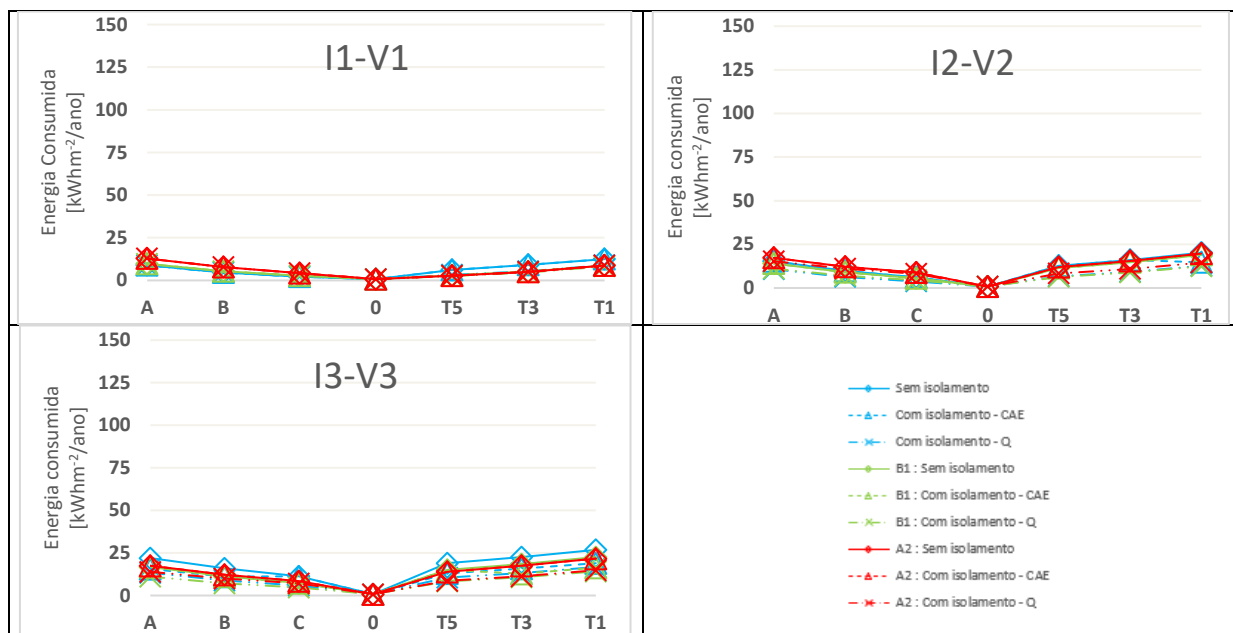


Figura 4.7. Energia consumida pelo sistema AVAC da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

É possível verificar que para o Funchal, no caso de o sistema de climatização da escola ser controlado por *set-points* de *PMV*, quanto mais extremo for cenário futuro das alterações climáticas maior é o consumo energético. Sendo que para *set-points* definidos por gamas de temperatura do ar, a não aplicação de isolamento térmico, ou aplicação com foco em qualquer uma das análises em estudo, os consumos energéticos para os cenários futuros irão ficar sempre bastante próximos uns dos outros.

Para o caso de Ansião, se a climatização estiver a ser por feita com controlo por *PMV*, o cenário A2 tem o maior consumo de energia do sistema AVAC associado, seguido do cenário histórico e depois do cenário médio B1. Se a análise for efetuada sob o ponto de vista energético, quanto mais extremo é o cenário maior é o consumo. Quando a climatização estiver a ser controlada por temperatura do ar, nos casos da não aplicação de isolamento ou da aplicação da espessura que leva ao menor CAE, o consumo é maior no cenário histórico e menor no cenário B1. Continuando neste tipo de *set-point*, se for feita uma análise para o maior consumo energético este é atingido no cenário A2, e é mínimo no cenário B1.

No caso de Mirandela, o consumo energético do sistema AVAC da escola é, de modo geral, mínimo no cenário B1 e é atingindo um consumo máximo no cenário histórico quando não há a aplicação de isolamento térmico. Sendo aplicada uma climatização por controlo do *PMV*, o cenário B1 tem sempre consumos menores do que o cenário A2. No caso de a climatização for controlada por *set-points* da temperatura do ar, a aplicação de isolamento térmico favorece sempre o cenário intermédio (B1), devido especialmente ao consumo de energia para arrefecimento não ser tão elevado.

Quantificando, para o *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o intuito de reduzir o consumo energético no cenário A2, haverá na zona climática I1-V1 um aumento de 3,8 kWhm²/ano, na zona climática I2-V2 outro aumento de 0,1 kWhm²/ano e uma redução de 8,1 kWhm²/ano na zona climática I3-V3.

Apresentam-se na Figura 4.8 gráficos das necessidades de energia para aquecimento da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática e na Figura 4.9 os correspondentes gráficos das necessidades de arrefecimento.

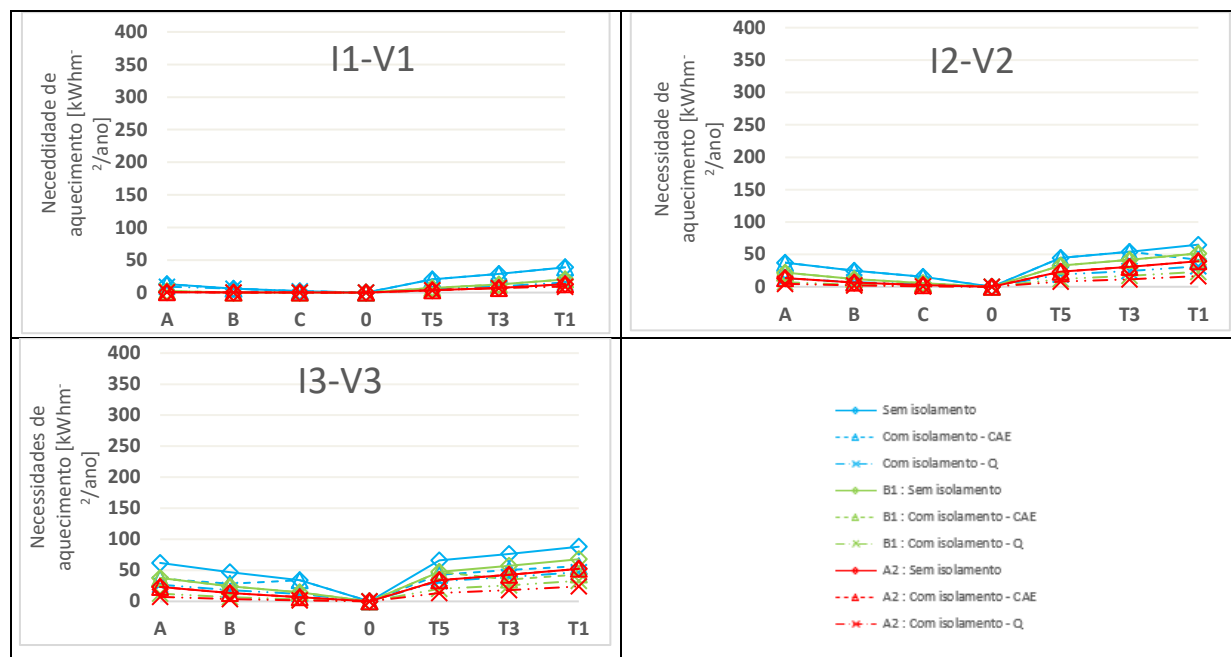


Figura 4.8. Necessidade energética de aquecimento da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

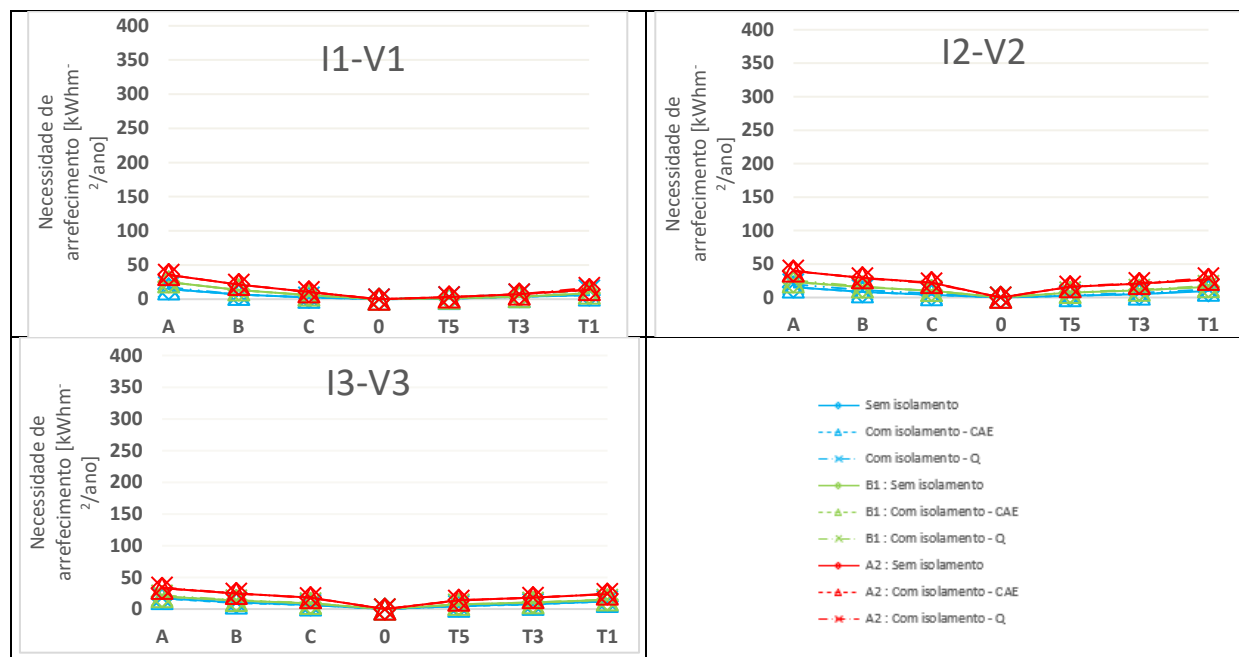


Figura 4.9. Necessidade energética de arrefecimento da escola em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

De igual modo que no caso dos edificios residenciais, quanto maiores forem as temperaturas do ar exterior menores são as necessidades de energia para aquecimento da escola, sendo que a aplicação de isolamento nos dois climas menos amenos permite ainda uma maior redução da energia necessária para aquecer o espaço. Analisando os casos dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 13 e 39 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 37 e 65 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 62 e 88 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

Por outro lado, as necessidades energéticas para arrefecer a escola irão aumentar com agravamento das alterações climáticas. As situações de controlo da climatização por *set-points* de *PMV* levam sempre a maiores necessidades de energia para arrefecimento da escola do que as em que a climatização é baseada na temperatura do ar interior. A aplicação de isolamento térmico não apresenta um grande efeito, apenas vai a aumentar levemente as necessidades de energia para de arrefecimento. Neste caso para os *set-points* A e T1, verifica-se que para a zona climática I1-V1 a necessidade energética de arrefecimento é de 13 e 39 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 37 e 65 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 62 e 88 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

4.1.4. Agência Bancária

Para o segundo edifício que oferece prestação de serviços, nas Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 estão os valores previstos para a espessura de isolamento térmico e para as localizações deste situações economicamente ótimas (→ CAE mínimo) e energeticamente ótima (→ Q mínimo) em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo que a agência está localizada em climas I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Presente no anexo C, estão as figuras C.37 a C.48 representando individualmente os cálculos realizados para da localização do isolamento térmico em função da espessura para todos os climas em estudos, e cenários climáticos.

Tabela 4.10. Agência bancária – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	224.83	0	-	224.83	0	-	224.39	0	-	224.39	0	-	226.21	0	-	226.21
B	0	-	222.58	0	-	222.58	0	-	222.17	0	-	222.17	0	-	223.64	0	-	223.64
C	0	-	221.36	0	-	221.36	0	-	220.95	0	-	220.95	0	-	221.81	0	-	221.81
T1	0	-	227.48	12	E	228.54	0	-	224.18	12	E	225.37	0	-	224.05	12	E	225.42
T3	0	-	225.44	12	E	226.52	0	-	222.40	12	E	223.63	0	-	222.21	8	E	223.30
T5	0	-	223.86	12	E	224.98	0	-	221.43	12	E	222.66	0	-	221.08	2	E	221.79

Tabela 4.11. Agência bancária – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	229.44	12	E	230.57	0	-	230.21	12	I	231.45	0	-	231.96	1	I	232.59
B	0	-	226.81	10	E	227.95	0	-	227.61	12	M	228.80	0	-	229.54	0	-	229.54
C	0	-	224.72	5	E	225.59	0	-	225.54	0	-	225.54	0	-	227.77	0	-	227.77
T1	0	-	232.57	12	E	233.70	0	-	233.32	12	I	234.44	0	-	233.82	12	I	234.99
T3	0	-	230.47	12	E	231.59	0	-	231.16	12	I	232.23	0	-	231.74	12	I	232.88
T5	0	-	228.56	12	E	229.69	0	-	229.13	12	E	230.23	0	-	229.80	12	E	230.99

Tabela 4.12. Agência bancária – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	233,13	12	E	234,08	0	-	232,10	12	I	233,06	0	-	232,70	12	I	233,87
B	0	-	230,55	12	E	231,59	0	-	229,45	12	I	230,58	0	-	230,15	12	I	231,49
C	0	-	228,35	12	E	229,47	0	-	227,23	12	I	228,53	0	-	228,10	1	I	228,80
T1	0	-	235,72	12	E	236,92	0	-	235,03	12	I	236,13	0	-	234,98	12	I	236,12
T3	0	-	233,88	12	E	235,03	0	-	233,06	12	I	234,10	0	-	232,98	12	I	234,12
T5	0	-	232,08	12	E	233,22	0	-	231,18	12	E	232,23	0	-	231,07	12	I	232,17

Apresenta-se na Figura 4.10 o consumo global de energia da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q .

No caso específico da agência bancária a análise económica revelou que não existe a necessidade do uso isolamento térmico em nenhuma das zonas climáticas em apreço, assim como que para a redução de custos ligados ao consumo de energia em todos os cenários de alterações climáticas. O custo anual equivalente estimado para o edifício irá diminuir no cenário B1, apenas Ansião se revela a exceção deste caso. Caso o clima siga por um caminho mais extremo (A2) haverá um aumento do CAE nessa zona climática (I2-V2).

O uso de isolamento térmico só se revela útil se o objetivo for reduzir o consumo energético do edifício. Nos climas mais amenos, a aplicação de isolamento térmico só tem utilidade se forem utilizados numa climatização controlada com base numa gama de temperaturas. No caso da zona climática I1-V1, o CAE da agência bancária aumenta com o aumento da severidade das alterações climáticas. No caso do clima I2-V2 e I3-V3 há uma redução do CAE ao passar do cenário histórico para o B1, mas ao passar do B1 para o cenário A2 haverá um aumento do CAE. A espessura do isolamento segue a tendência dos outros resultados obtidos, ou seja, terá tendência para diminuir com o aumento da severidade das alterações climáticas.

Colocando em valores, haverá uma diminuição do CAE para o clima I1-V1 de 6,53 €/m² por ano, para o clima I2-V2 é de 9,10 €/m² por ano e para o clima I3-V3 é de 6,27 €/m² por ano. Para as zonas climáticas e cenário futuros, na zona climática I1-V1 para o cenário histórico e com a utilização de isolamento para a reduzir o CAE haverá uma redução desse custo de 6,12 €/m² por ano, no cenário B1 de 3,44 €/m² por ano e no cenário A2 de 5,13 €/m² por ano. Para o clima I2-V2 no cenário histórico haverá uma redução de 7,85 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,78 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,05 €/m² por ano. Finalmente, para a zona climática I3-V3 a redução dentro do cenário histórico será de 7,37 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,80 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,88 €/m² por ano.

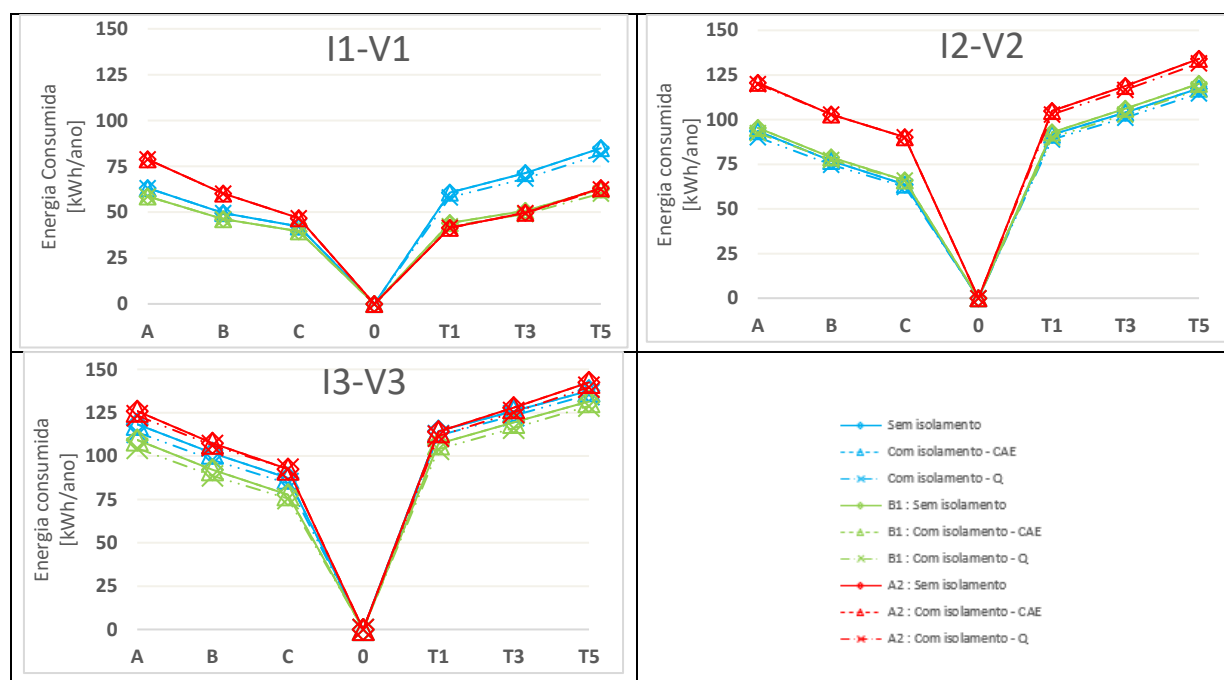


Figura 4.10. Energia consumida pelo sistema AVAC da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Devido à pouca expressão dos resultados em relação ao uso de isolamento térmico, a poupança energética gerada pela sua aplicação é muito reduzida. Também é possível observar que no Funchal e em Ansião o consumo energético da agência bancária é reduzido, seguindo a lógica de quanto mais extremas são as alterações climáticas, menor é o consumo de energia. No caso de Mirandela, o cenário histórico tem o maior consumo energético, seguido do cenário A2 e do cenário intermédio, B1, o qual atinge o valor mínimo.

Assim sendo, no *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o objetivo de reduzir o consumo energético no cenário A2, haverá na zona climática I1-V1 um aumento de 15,7 kWhm⁻²/ano, na zona climática I2-V2 outro aumento de 26,4 kWhm⁻²/ano e novamente um aumento de 5,1 kWhm⁻²/ano na zona climática I3-V3.

Apresentam-se na Figura 4.11 gráficos das necessidades de energia para aquecimento da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática e na Figura 4.12 os correspondentes gráficos das necessidades de arrefecimento.

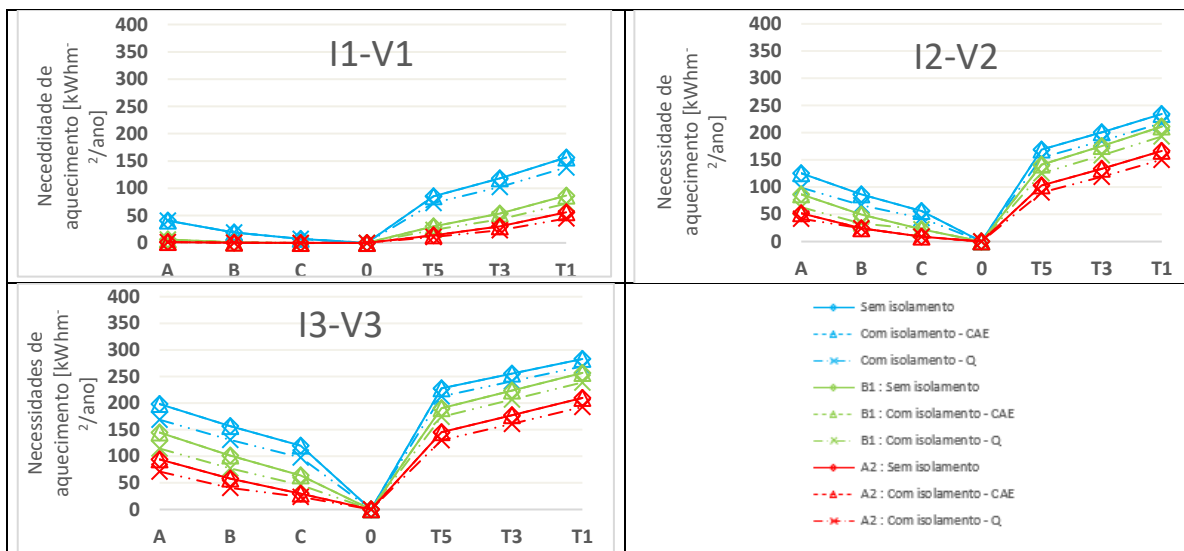


Figura 4.11. Necessidade energética de aquecimento da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

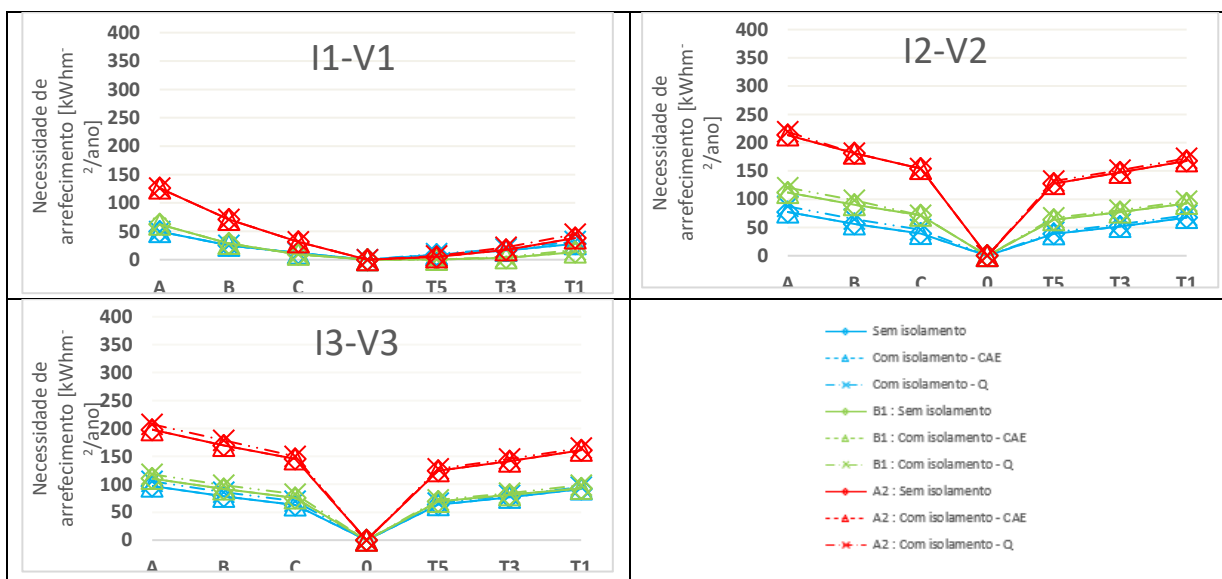


Figura 4.12. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

De igual modo que no caso da escola, o aumento das temperaturas leva a que haja um aumento das necessidades de energia para arrefecimento da agência bancária. De reparar em especial que, no Funchal (I1-V1) o uso *set-points* por *PMV* levam a que haja um aumento enorme da energia necessária para arrefecimento. Em Mirandela (I3-V3) não há grande diferença entre o cenário histórico e o cenário B1, especialmente se a climatização for controlada com base numa gama de temperaturas do ar interior.

Analisando valores os casos dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 41 e 156 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 126 e 234 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 198 e 283 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

No caso das necessidades de arrefecimento, novamente para os *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 50 e 28 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 77 e 67 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 97 e 91 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

4.1.5. Clínica

Para a clínica, um edifício com prestação de serviço que inclui serviço de internamente apresentam-se nas Tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 os valores previstos seguindo o mesmo tipo de resultados dos edifícios anteriores.

Nas figuras C.49 a C.60 do anexo C, estão representadas individualmente cada cálculo realizado para a localização do isolamento térmico em função da espessura para todos os climas em estudos, cenário climáticos.

Tabela 4.13. Clínica – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	172.16	0	-	172.16	0	-	171.27	0	-	171.27	0	-	172.05	0	-	172.05
B	0	-	167.68	4	E	169.59	0	-	166.64	0	-	166.64	0	-	167.57	0	-	167.57
C	0	-	165.09	4	E	166.90	0	-	164.18	0	-	164.18	0	-	164.89	0	-	164.89
T1	6	M	168.31	12	E	169.81	3	M	166.44	12	E	168.35	0	-	166.14	6	E	167.90
T3	6	M	166.69	12	E	168.23	3	M	165.05	12	E	167.02	0	-	164.59	5	E	166.42
T5	5	M	165.70	12	E	167.33	0	M	164.24	12	E	166.33	0	-	163.68	4	E	165.55

Tabela 4.14. Clínica – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	174.65	10	M	175.47	0	-	174.38	4	E	176.15	0	-	175.41	12	E	177.91
B	4	M	170.47	12	E	172.25	3	M	170.37	12	E	172.21	3	M	171.41	12	E	173.25
C	4	M	167.68	12	E	169.39	3	M	167.78	12	E	169.58	3	M	168.86	12	E	170.79
T1	8	M	171.48	12	E	172.76	8	M	171.19	12	E	172.51	8	M	171.62	12	E	173.00
T3	8	M	169.63	12	E	170.95	8	M	169.54	12	E	170.92	6	M	169.99	12	E	171.42
T5	8	M	168.38	12	E	169.77	6	M	168.27	12	E	169.73	6	M	168.69	12	E	170.24

Tabela 4.15. Clínica – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	5	M	176.35	12	E	178.09	3	M	174.85	12	E	176.86	0	-	175.16	12	E	177.19
B	6	M	172.26	12	E	173.77	4	M	170.82	12	E	172.48	4	M	171.30	12	E	173.02
C	6	M	169.40	12	E	170.86	5	M	168.44	12	E	170.09	4	M	169.02	12	E	170.79
T1	8	M	173.76	12	E	174.90	8	M	172.42	12	E	173.64	8	M	172.35	12	E	173.64
T3	8	M	171.86	12	E	173.05	8	M	170.78	12	E	172.06	8	M	170.71	12	E	172.05

T5	8	M	170,50	12	E	171,76	8	M	169,51	12	E	170,84	6	M	169,43	12	E	170,85
----	---	---	--------	----	---	--------	---	---	--------	----	---	--------	---	---	--------	----	---	--------

Apresenta-se na Figura 4.13 o consumo global de energia da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q .

Em relação à clínica pode-se verificar que numa análise económica da implementação de isolamento térmico, que o CAE ótimo irá diminuir em comparação com o cenário futuro intermédio, B1 em relação com o cenário histórico.

Para a clínica e se o objetivo for minimizar o CAE, a lógica de que a espessura de isolamento térmico irá diminuir em relação ao cenário histórico mantém-se. No caso de o objetivo ser a redução da energia consumida, é possível verificar um caso específico na zona climática I2-V2 no *set-point* A onde a espessura do isolamento térmico diminui em comparação com o cenário histórico.

É de esperar que haja uma redução do custo anual equivalente no clima I1-V1 de 8,48 €/m² por ano, para a zona climática I2-V2 é de 7,73 €/m² por ano, e para a zona climática I3-V3 é de 7,91 €/m² por ano. Para as zonas climáticas e cenário futuros, na zona climática I1-V1 para o cenário histórico e com a utilização de isolamento para a reduzir o CAE haverá uma redução desse custo de 7,07 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,09 €/m² por ano e no cenário A2 de 8,37 €/m² por ano. No clima I2-V2 no cenário histórico haverá uma redução de 6,97 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,60 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,72 €/m² por ano. Por fim, na zona climática I3-V3 a redução dentro do cenário histórico será de 6,95 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,41 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,14 €/m² por ano.

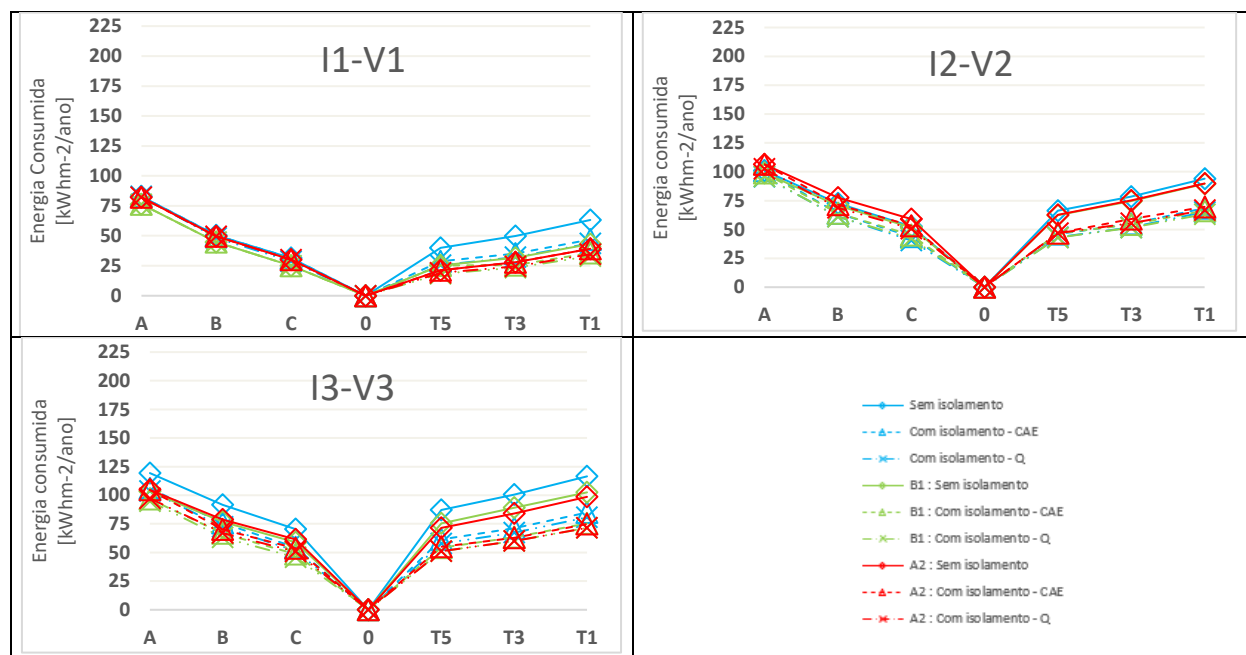


Figura 4.13. Energia consumida pelo sistema AVAC da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

A energia consumida pela clínica no Funchal para controlo da climatização por *set-points* por *PMV* não mostra grande diferença entre o cenário histórico e o cenário A2, sendo o cenário B1 aquele onde o consumo de energia é mínimo. No caso de o controlo da climatização ser efetuado por *set-points* de temperatura, o cenário histórico é aquele que demonstra uma maior margem de possível redução de energia. Em ambos os cenários de alterações climáticas B1 e A2, não existe diferença significativa de consumos de energia entre a aplicação da espessura de isolamento térmico que leva ao CAE mínimo (perspetiva económica) e da que leva ao Q mínimo (perspetiva energética).

Em Ansião e para controlo da climatização por set-points de *PMV*, o consumo energético do sistema AVAC da clínica é máximo no cenário mais extremo. Com a climatização controlada por *set-points* da temperatura do ar, quer a não aplicação de isolamento térmico quer a sua aplicação levam a consumos energéticos muito próximos.

Para Mirandela, o cenário histórico tem sempre o maior consumo de energia. Para controlo da climatização por *set-points* de *PMV*, o cenário extremo (A2) apresenta um maior consumo quando comparado com o intermédio (B1), independente da aplicação de isolamento. Já para controlo da climatização por *set-points* da temperatura do ar, a diminuição do consumo energético face ao cenário histórico é proporcional ao agravamento das alterações climáticas. Independentemente do cenário futuro considerado, não existem diferenças significativas de consumo de energia pela clínica entre as duas espessuras de isolamento térmico testadas.

Para o *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o intuito de reduzir o consumo energético do sistema AVAC no cenário A2, haverá na zona climática I1-V1 um aumento de 0,8 kWhm⁻²/ano, na zona climática I2-V2 uma redução de 1,6 kWhm⁻²/ano e uma redução de 22,1 kWhm⁻²/ano na zona climática I3-V3.

Apresentam-se na Figura 4.14 gráficos das necessidades de energia para aquecimento da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática e na Figura 4.15 os correspondentes gráficos das necessidades de arrefecimento.

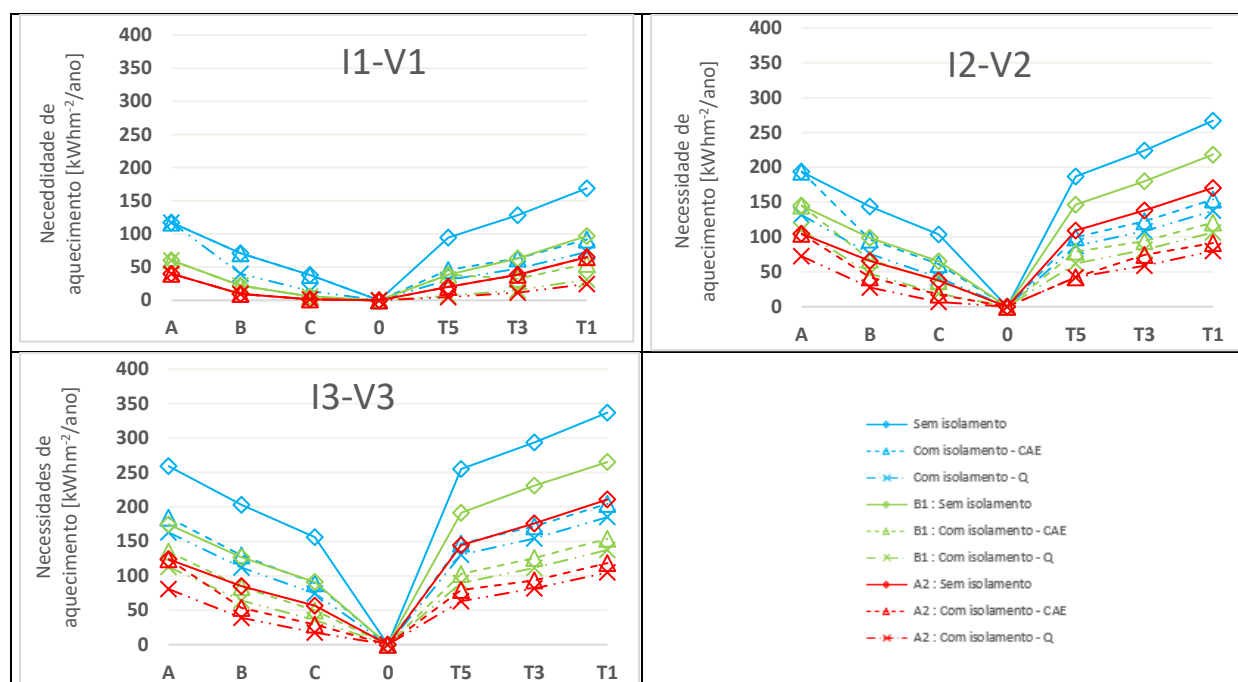


Figura 4.14. Necessidade energética de aquecimento da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

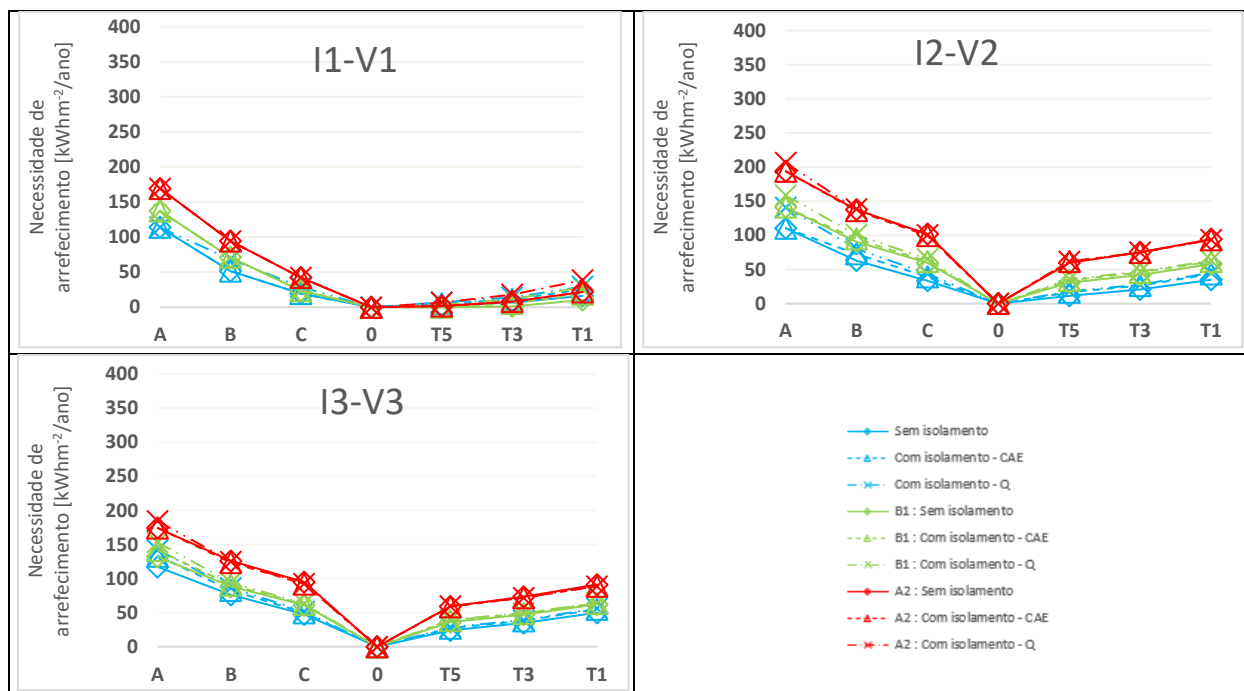


Figura 4.15. Necessidade energética de arrefecimento da clínica em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Na Figura 4.14 é possível ver que os resultados da necessidade energética para aquecimento da clínica estão em conformidade com os dos edifícios analisados anteriormente. Ou seja, face ao cenário histórico, há uma redução drástica na energia necessária para aquecer a clínica, a qual diminui com a aplicação de isolamento térmico. Observando os valores dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 117 e 169 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 194 e 267 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 259 e 337 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

Na Figura 4.15 estão apresentados os resultados referentes à necessidade de arrefecimento da clínica, onde é possível verificar que as necessidades energéticas para arrefecimento são maiores quando o controlo da climatização é efetuado por *set-points* de PMV do que quando o mesmo se baseia na temperatura do ar interior, estando assim em concordância com os resultados dos edifícios anteriores.

Continuando com esta comparação, também se verifica um aumento das necessidades de arrefecimento com o aumento da severidade das alterações climáticas. Acresce que, comparativamente com a situação sem isolamento térmico, a aplicação do mesmo leva apenas a um ligeiro aumento das necessidades de energia para arrefecimento do edifício. Assim sendo, os valores os casos dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de arrefecimento é de 114 e 16 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 111 e 35 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 117 e 50 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

4.1.6. Supermercado

Por fim o supermercado, um edifício de grande escala tem presentes nas Tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 estão os valores previstos para a espessura de isolamento térmico, para a localização do mesmo e para o CAE do supermercado nas situações economicamente ótima (\rightarrow CAE mínimo) e energeticamente ótima (\rightarrow Q mínimo), em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização deste edifício e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo o supermercado localizado nos climas representativos I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Representadas individualmente para cada cálculo realizado para a localização do isolamento térmico em função da espessura para todos os climas em estudos, cenário climáticos estão nas figuras C.61 a C.72 do anexo C os seus resultados.

Tabela 4.16. Supermercado – zona climática I1-V1: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	72.85	0	-	72.85	0	-	74.49	0	-	74.49	0	-	75.95	4	M	76.50
B	0	-	70.74	0	-	70.74	0	-	74.14	0	-	72.13	0	-	73.52	0	-	73.52
C	0	-	69.04	0	-	69.04	0	-	71.97	0	-	69.98	0	-	71.22	0	-	71.22
T1	2	M	70.04	3	M	70.09	0	-	69.18	0	-	69.18	0	-	69.63	0	-	69.63
T3	0	-	68.92	3	M	69.08	0	-	68.07	0	-	68.07	0	-	68.48	0	-	68.48
T5	0	-	68.09	2	M	68.30	0	-	67.32	0	-	67.32	0	-	67.67	0	-	67.67

Tabela 4.17. Supermercado – zona climática I2-V2: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	0	-	72.60	1	M	72.78	0	-	73.96	0	-	73.96	0	-	76.38	8	I	77.26
B	0	-	70.83	1	M	71.15	0	-	72.30	1	M	72.39	0	-	74.29	2	M	74.57
C	0	-	69.58	1	M	69.98	0	-	70.85	1	M	71.06	0	-	72.67	2	M	72.92
T1	5	M	71.62	12	E	72.09	5	M	71.95	12	E	72.44	5	M	72.92	12	M	73.36
T3	5	M	70.66	12	E	71.17	5	M	71.02	12	E	71.44	4	M	71.94	12	M	72.43
T5	4	M	69.86	12	E	70.37	4	M	70.26	12	M	70.78	3	M	71.15	12	M	71.73

Tabela 4.18. Supermercado – zona climática I3-V3: valores para as situações ótimas em termos económicos e energéticos, em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2							
	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. CAE [cm]	Localização	CAE[€/m ²]	Esp. Q [cm]	Localização	Esp. CAE [cm]
A	2	M	72,92	4	M	72,99	0	-	73,35	2	M	73,47	0	-	75,29	3	M	75,44
B	2	M	71,49	3	M	71,56	0	-	72,42	2	M	72,01	0	-	74,39	2	M	73,67
C	0	-	70,23	2	M	70,43	0	-	71,07	2	M	70,93	0	-	72,16	2	M	72,34
T1	6	M	72,85	12	E	73,10	5	M	72,49	12	E	72,79	5	M	73,00	12	E	73,39
T3	5	M	71,86	12	E	72,17	5	M	71,53	12	E	71,90	5	M	72,04	12	E	72,50
T5	5	M	71,03	12	E	71,41	5	M	70,74	12	E	71,20	4	M	71,26	12	E	71,71

Apresenta-se na Figura 4.13 o consumo de energia do sistema AVAC do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática, para as situações sem isolamento e com o isolamento (espessura e localização) que leva aos valores mínimos do CAE e de Q.

Globalmente, se o supermercado estiver localizado no Funchal (zona climática suave, I1-V1), a aplicação de qualquer espessura de isolamento térmico não apresenta viabilidade quer económica quer energética. Face a isto há, no entanto, duas exceções: na situação de cenário histórico com controlo da climatização por *set-points* da temperatura do ar e no cenário A2 com este controlo por valor de *PMV*.

Nas outras duas zonas climáticas (I2-V2 e I3-V3) sucede um comportamento semelhante ao dos edifícios apresentados anteriormente. Neste caso a espessura de isolamento térmico que leva ao menor CAE também tende a diminuir com o aumento da intensidade das alterações climáticas.

Outro dado a reter é que no caso do supermercado o CAE tende a aumentar com o agravar dos cenários climáticos futuros.

Globalmente haverá um aumento do CAE no clima I1-V1 de 8,63 €/m² por ano, de 6,80 €/m² por ano para o clima I2-V2 e de 5,09 €/m² por ano para o clima I3-V3. Para as zonas climáticas e cenário futuros, na zona climática I1-V1 para o cenário histórico e com a utilização de isolamento para a reduzir o CAE

haverá uma redução de 4,76 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,17 €/m² por ano e no cenário A2 de 8,28 €/m² por ano. No clima I2-V2 no cenário histórico haverá uma redução de 3,02 €/m² por ano, no cenário B1 de 3,70 €/m² por ano e no cenário A2 de 5,23 €/m² por ano. Por fim, na zona climática I3-V3 a redução dentro do cenário histórico será de 2,69 €/m² por ano, no cenário B1 de 2,61 €/m² por ano e no cenário A2 de 4,03 €/m² por ano.

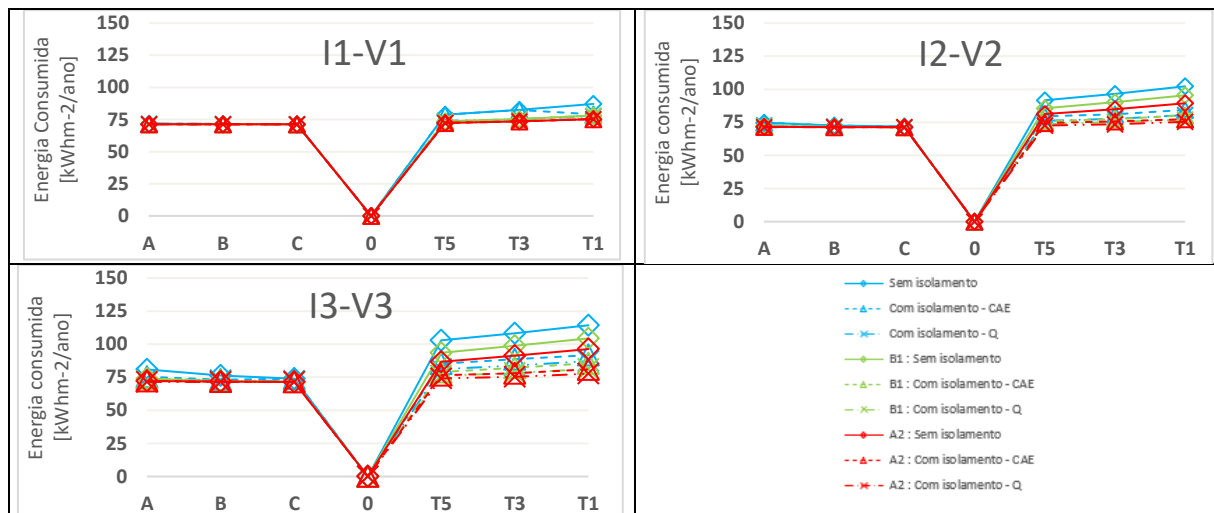


Figura 4.16. Energia consumida pelo sistema de AVAC do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

No caso do Funchal (I1-V1), como a necessidade de aplicação de isolamento térmico para qualquer um dos cenários é pouco relevante, a aplicação do mesmo leva a pequenas alterações a nível do consumo de energia pelo supermercado. Mesmo assim, se o controlo da climatização for por *set-points* de *PMV*, o consumo energético aumenta com a intensidade dos efeitos provocados pelas alterações climáticas. Quando o controlo da climatização se baseia na temperatura do ar, é no cenário histórico que ocorre o maior consumo energético, ficando com um consumo parecido ao que ocorre no cenário A2, mas apenas no caso da aplicação da espessura de isolamento térmico que leva às menores necessidades energéticas. O cenário B1 é onde há uma maior poupança energética com a aplicação de isolamento térmico.

Em Ansião (I2-V2) e no caso do controlo da climatização baseado no índice *PMV*, a aplicação de isolamento térmico reduz pouco o consumo energético total do supermercado e o aumento deste consumo é consequência do aumento dos efeitos das alterações climáticas. Quando o controlo da climatização se baseia na temperatura do ar, a aplicação de isolamento quer no cenário histórico quer no cenário intermédio (B1) leva a uma redução mais considerável do consumo de energia do que o cenário A2. Curiosamente, este último cenário apresenta o menor consumo de energia quando os elementos opacos da envolvente não estão termicamente isolados e o maior quando os mesmos estão isolados com as espessuras consideradas neste estudo.

Em Mirandela (I3-V3) e no caso do controlo da climatização baseado no índice *PMV*, o uso de isolamento térmico permite apenas uma pequena redução do consumo de energia pelo supermercado, sendo que o consumo de energia vai aumentando consoante a gravidade dos efeitos das alterações climáticas. Para controlo da climatização baseado na temperatura do ar ocorre o oposto onde a energia consumida pelo edifício vai diminuindo com o agravar das alterações climáticas.

Posto em valores, no *set-point* A entre a não utilização de isolamento térmico no cenário histórico e a utilização deste com o objetivo de reduzir o consumo energético no cenário A2, haverá no clima I1-V1 um aumento de 0,4 kWhm⁻²/ano, na zona climática I2-V2 outro aumento de 3,3 kWhm⁻²/ano e novamente um aumento de 9,4 kWhm⁻²/ano na zona climática I3-V3.

Apresentam-se na Figura 4.17 gráficos das necessidades de energia para aquecimento do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática e na Figura 4.18 os correspondentes gráficos das necessidades de arrefecimento.

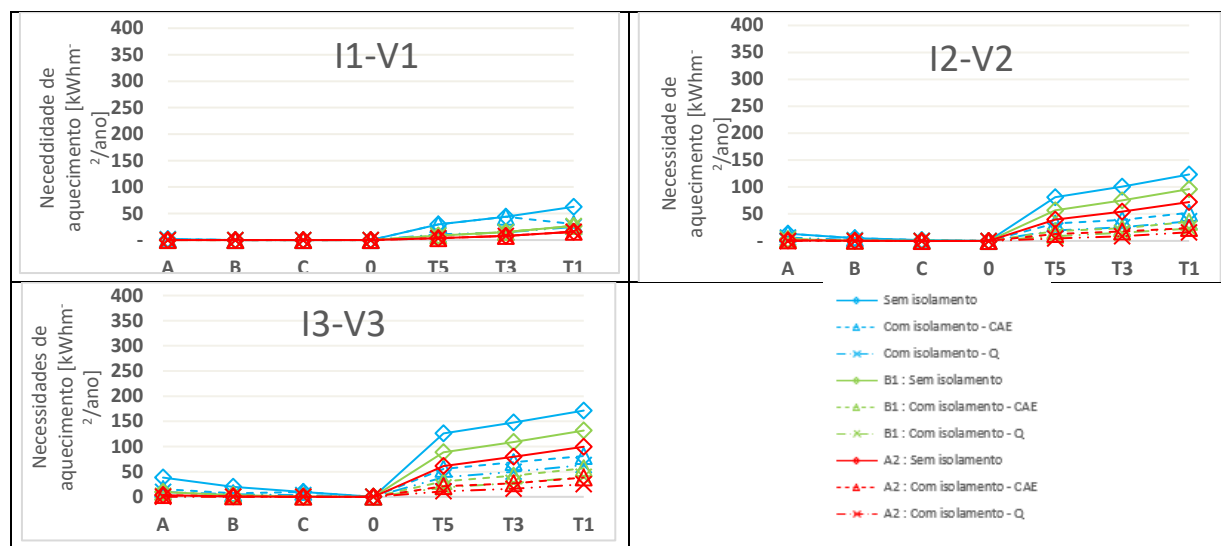


Figura 4.17. Necessidade energética de aquecimento do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

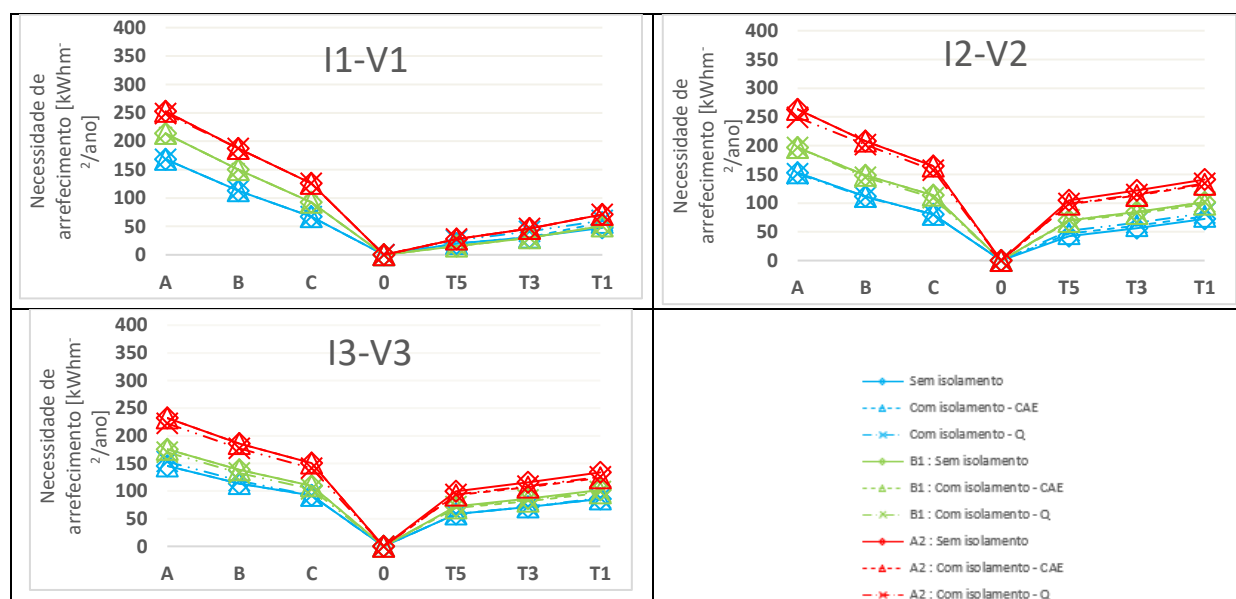


Figura 4.18. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado em função do tipo de controlo do sistema de climatização, do cenário climático futuro e da zona climática.

Como já visto anteriormente em outros edifícios, as necessidades de energia para aquecimento vão diminuindo com o aumentar do agravamento das alterações climáticas. No entanto, existe uma grande diferença destas necessidades entre os dois tipos de controlo do funcionamento do sistema de climatização. Independentemente do cenário climático futuro e no caso de controlo pelo índice PMV, quando o supermercado se localiza no Funchal (I1-V1) não existem necessidades de energia para aquecimento, as quais são muito baixas nas outras regiões climáticas.

Tomando como exemplo os casos dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de aquecimento é de 2 e 63 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 13 e 123 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 38 e 171 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

Ambos os cenários assumidos para as alterações climáticas (B1 e A2) levam a um aumento significativo das necessidades energéticas para arrefecimento do supermercado. Set-points da climatização definidos recorrendo ao índice *PMV* apresentam uma maior necessidade de energia para arrefecer o espaço em estudo. No caso do Funchal (I1-V1) e para set-points da climatização baseados na temperatura do ar, as necessidades energéticas máximas para arrefecimento são para o cenário A2 e mais baixas são para o cenário B1 Nas outras duas regiões climáticas, a garantia de conforto térmico leva a necessidades de energia, as quais estão ligadas à extremidade dos cenários futuros, quanto mais extremo, maior energia necessária para arrefecer um espaço.

Nos casos dos *set-points* A e T1, na zona climática I1-V1 a necessidade energética de arrefecimento é de 168 e 48 kWhm⁻²/ano, no I2-V2 é de 153 e 73 kWhm⁻²/ano e no I3-V3 é de 146 e 86 kWhm⁻²/ano, respetivamente.

4.2. Influência de Sistemas de Sombreamento do Tipo Pala

Neste subcapítulo é apresentada uma previsão de resultados relativos à influência sobre o CAE, sobre o consumo de energia do sistema AVAC e sobre as necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento dos edifícios da aplicação de sistemas de sombreamento aos envidraçados (do tipo palas fixas) de edifícios localizados em Portugal e sujeitos a três cenários possíveis de alterações climáticas (histórico, moderado - B1 e extremo - A2).

4.2.1. Apartamento

Encontram-se nas Tabelas 4.19, 4.20 e 4.21 os valores previstos no caso do apartamento para o comprimento economicamente ótimo da pala (C_E) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_E) e para o comprimento da pala que leva ao menor consumo de energia (C_Q) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_Q), em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo o apartamento localizado nas zonas climáticas I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Nas figuras D.1 a D.4 do anexo D, estão representadas individualmente cada cálculo realizado para o comprimento da pala em função de todos os climas em estudo e cenários climáticos.

Tabela 4.19. Apartamento – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	113.48	-	113.48	-	110.68	-	110.68	-	109.99	-	109.99
B	-	109.37	-	109.37	-	107.10	-	107.10	-	106.80	-	106.80
C	-	107.04	-	107.04	-	105.29	-	105.29	-	105.19	1.50	105.28
T1	-	112.75	-	112.75	-	109.79	-	109.79	-	108.28	-	108.28
T3	-	110.94	-	110.94	-	108.11	-	108.11	-	106.81	-	106.81
T5	-	109.36	-	109.36	-	106.76	-	106.76	-	105.72	-	105.72

Tabela 4.20. Apartamento – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	117,50 €	-	117,50 €	-	116,24 €	-	116,24 €	-	115,63 €	-	115,63 €
B	-	113,31 €	-	113,31 €	-	111,80 €	-	111,80 €	-	111,35 €	-	111,35 €
C	-	110,78 €	-	110,78 €	-	109,26 €	-	109,26 €	-	108,84 €	-	108,84 €
T1	-	116,68 €	-	116,68 €	-	115,43 €	-	115,43 €	-	114,67 €	-	114,67 €
T3	-	114,66 €	-	114,66 €	-	113,42 €	-	113,42 €	-	112,65 €	-	112,65 €
T5	-	113,06 €	-	113,06 €	-	111,77 €	-	111,77 €	-	110,92 €	-	110,92 €

Tabela 4.21. Apartamento – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	120,88	-	120,88	-	117,94	-	117,94	-	116,52	-	116,52
B	-	116,64	-	116,64	-	113,60	-	113,60	-	112,41	-	112,41
C	-	113,85	-	113,85	-	111,06	-	111,06	-	109,97	1,25	110,07
T1	-	119,85	-	119,85	-	117,50	-	117,50	-	116,26	-	116,26
T3	-	117,61	-	117,61	-	115,45	-	115,45	-	114,24	-	114,24
T5	-	115,86	-	115,86	-	113,74	-	113,74	-	112,46	-	112,46

Independentemente do cenário assumido para as alterações climáticas, a aplicação de palas aos envidraçados do apartamento não é economicamente vantajosa. Em termos energéticos esta aplicação só é vantajosa quando o controlo da climatização é por *set-points* de *PMV*, mas apenas se este for do tipo C, se a zona climática for I1-V1 ou I3-V3 e se o cenário de alterações climáticas for o mais severo (o A2). Em termos de custo anual equivalente a aplicação de palas revela um custo acrescido à sua não aplicação. Adicionalmente, verifica-se a existência de uma redução do valor do CAE com o aumento da severidade das alterações climáticas.

A falta de vantagem da aplicação das palas neste edifício está ligada ao facto de ser um edifício recente e cuja arquitetura já foi pensada para esses objetivos.

Em valores nominais, o uso de palas para redução do CAE entre os *set-points*, permite, para o clima I1-V1, no cenário histórico essa diferença será de 3,40 €/m² por ano, no cenário B1 de 5,39 €/m² por ano e no cenário A2 de 4,88 €/m² por ano. No caso do clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 6,75 €/m² por ano, 6,98 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 6,79 €/m² por ano. Para o clima I3-V3, a diferença do CAE por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 7,03 €/m² por ano, 6,88 €/m² por ano no cenário B1 e de 6,55 €/m² por ano no cenário A2. Em termos de diferença global no clima I1-V1 será de 8,29 €/m² por ano, no cenário B1 de 8,66 €/m² por ano e de 10,91 €/m² por ano no cenário A2.

É possível ver no Anexo B, Tabelas B.1 a B.9 os resultados referentes ao consumo energético do apartamento, às necessidades energéticas de aquecimento e às de arrefecimento.

Os valores constantes nas tabelas do Anexo B revelam que a aplicação de palas é pouco interessante, seja sob o ponto de vista económico seja sob o energético.

Como já foi demonstrado, os efeitos das alterações climáticas levam a que as necessidades de aquecimento diminuam e a que as de arrefecimento aumentem. Assim sendo, dentro do cenário A2, a aplicação de palas leva a um ligeiro acréscimo das necessidades de aquecimento e a uma leve redução das necessidades de arrefecimento, devido a, no Inverno, a pala impede a radiação solar de aquecer o compartimento o que leva a um aumento das necessidades de aquecimento. No Verão, a pala, da mesma forma, impede a radiação solar de aquecer mais o compartimento, logo a necessidade de arrefecimento diminui. Estes efeitos são mais visíveis na zona climática I3-V3.

4.2.2. Moradia

Para o outro edifício residencial, estão presentes nas Tabelas 4.22, 4.23 e 4.24 os valores previstos no caso da moradia para o comprimento economicamente e energeticamente ótimo da pala (C_E) e (C_O) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_E) e o custo e o custo anual equivalente que leva ao menor consumo energético (CAE_O).

Nas figuras D.5 a D.8 do anexo D, estão apresentados individualmente os cálculos realizados para o comprimento função da pala para todos os climas em estudos e cenários climáticos.

Tabela 4.22. Moradia – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_O) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_O), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]
A	-	166,87 €	-	166,87 €	-	162,12 €	-	162,12 €	0,50	161,41 €	1,50	161,73 €
B	-	162,42 €	-	162,42 €	-	158,09 €	-	158,09 €	-	157,49 €	1,50	157,94 €
C	-	159,34 €	-	159,34 €	-	155,71 €	-	155,71 €	-	155,26 €	1,50	155,85 €
T1	-	167,78 €	-	167,78 €	-	162,87 €	-	162,87 €	-	160,98 €	-	160,98 €
T3	-	164,97 €	-	164,97 €	-	160,29 €	-	160,29 €	-	158,43 €	-	158,43 €
T5	-	162,55 €	-	162,55 €	-	158,26 €	-	158,26 €	-	156,70 €	-	156,70 €

Tabela 4.23. Moradia – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_O) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_O), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]
A	-	174,32 €	-	174,32 €	-	172,18 €	-	172,18 €	-	171,44 €	-	171,44 €
B	-	169,60 €	-	169,60 €	-	167,33 €	-	167,33 €	-	166,62 €	-	166,62 €
C	-	165,80 €	-	165,80 €	-	163,55 €	-	163,55 €	-	163,05 €	-	163,05 €
T1	-	174,27 €	-	174,27 €	-	172,42 €	-	172,42 €	-	171,27 €	-	171,27 €
T3	-	171,16 €	-	171,16 €	-	169,25 €	-	169,25 €	-	168,13 €	-	168,13 €
T5	-	168,46 €	-	168,46 €	-	166,54 €	-	166,54 €	-	165,45 €	-	165,45 €

Tabela 4.24. Moradia – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_O) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_O), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_O [m]	CAE_O [€/m ²]
A	-	180,42	-	180,42	-	175,15	-	175,15	-	172,96	-	172,96
B	-	175,62	-	175,62	-	170,46	-	170,46	-	168,30	-	168,30
C	-	171,48	-	171,48	-	166,56	-	166,56	-	164,66	-	164,66
T1	-	179,35	-	179,35	-	175,52	-	175,52	-	173,53	-	173,53
T3	-	176,12	-	176,12	-	172,40	-	172,40	-	170,44	-	170,44
T5	-	173,23	-	173,23	-	169,64	-	169,64	-	167,73	-	167,73

É possível verificar que para o caso da moradia a implementação de palas só tem viabilidade no Funchal (I1-V1). Ou seja, a inclusão de palas apresenta ser uma solução construtiva útil para climas mais amenos, mas apenas no caso do cenário de alterações climáticas A2. O uso de palas parece favorecer uma climatização com foco no conforto térmico dos ocupantes, uma pala de 0,50 metros reduz o CAE numa análise económica para o *set-point* do tipo A e 1,50 metros para os outros *set-points* de *PMV*.

De resto, também é possível analisar que o aumento da gravidade da alteração climática favorece uma redução do custo anual equivalente.

Quantificando este tipo de uso de palas para redução do CAE entre os *set-points*, permite, para a zona climática I1-V1, no cenário histórico essa diferença será de 8,44 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,16 €/m² por ano e no cenário A2 de 6,15 €/m² por ano. Para o clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 8,52 €/m² por ano, 8,87 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 8,39 €/m² por ano. No clima I3-V3, essa diferença do custo anual equivalente por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 8,94 €/m² por ano, 8,96 €/m² por ano no cenário B1 e para o cenário A2 a diferença é de 8,87 €/m² por ano. Em termos de diferença global, para o clima I1-V1 será de 12,52 €/m² por ano, no cenário B1 de 11,27 €/m² por ano e de 15,76 €/m² por ano no cenário A2.

Apresentam-se no Anexo B, nas Tabelas B.10 a B.18, os resultados referentes ao consumo energético, às necessidades energéticas para aquecimento e para arrefecimento da moradia.

A implementação de palas na moradia leva a que a redução esperada do consumo energético seja maior no *set-point* A e menor no C no cenário A2. Ou seja, quanto menor for o PPD assegurado, maior é essa redução. No caso onde é possível atingir um CAE mínimo com a implementação de palas, essa redução anda na ordem dos 1,11 kWh.m⁻².ano⁻¹

No caso do cenário A2 ocorre também um acréscimo das necessidades energéticas para aquecimento, novamente o aumento é maior para o *set-point* A e menor para o *set-point* C. No caso das necessidades para arrefecimento a lógica é a mesma, mas, com a contrapartida de ser uma redução. Ou seja, a redução é maior no *set-point* A e menor no *set-point* C.

O comprimento ótimo da pala é de 0,50 m sob o ponto de vista económico e é de 1,50 m sob o ponto de vista energético. Como é verificado neste edifício, a pala mais comprida leva a maiores aumentos das necessidades de energia para aquecimento e a maiores reduções das necessidades de energia para arrefecimento dentro do cenário A2.

4.2.3. Escola

Encontram-se nas Tabelas 4.25, 4.26 e 4.27 os valores obtidos no caso da escola para o comprimento economicamente e energeticamente ótimos da pala, assim como, o custo anual equivalente do foco da aplicação ser com objetivos económicos ou energéticos, em função dos cenários climáticos em estudo e dos *set-points* em análise.

Estão apresentados os resultados para cada cálculo realizado do comprimento da pala em função para todos os climas em estudos e cenário climáticos nas figuras D.9 a D.12 do anexo D.

Tabela 4.25. Escola – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]
A	-	51.78 €	1.50	51.82 €	1.50	51.90 €	1.50	51.90 €	1.50	52.33 €	1.50	52.33 €
B	-	51.16 €	1.50	51.21 €	-	51.28 €	1.50	51.29 €	1.50	51.64 €	1.50	51.64 €
C	-	50.83 €	1.50	50.90 €	-	50.91 €	1.50	50.94 €	-	51.14 €	1.50	51.16 €
T1	-	52.23 €	-	52.23 €	-	51.73 €	1.50	51.79 €	-	51.73 €	1.50	51.77 €
T3	-	51.71 €	-	51.71 €	-	51.22 €	1.50	51.29 €	-	51.20 €	1.50	51.26 €
T5	-	51.35 €	-	51.35 €	-	50.92 €	-	50.92 €	-	50.90 €	1.50	50.96 €

Tabela 4.26. Escola – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]
A	-	52.62 €	-	52.62 €	-	52.46 €	-	52.46 €	-	52.93 €	1.50	52.98 €
B	-	51.86 €	-	51.86 €	-	51.76 €	-	51.76 €	-	52.21 €	1.50	52.27 €
C	-	51.34 €	-	51.34 €	-	51.29 €	1.50	51.37 €	-	51.74 €	1.50	51.80 €
T1	-	53.28 €	-	53.28 €	-	53.11 €	-	53.11 €	-	53.23 €	-	53.23 €
T3	-	52.71 €	-	52.71 €	-	52.53 €	-	52.53 €	-	52.65 €	-	52.65 €
T5	-	52.25 €	-	52.25 €	-	52.06 €	-	52.06 €	-	52.16 €	-	52.16 €

Tabela 4.27. Escola – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]	C _E [m]	CAE _E [€/m ²]	C _Q [m]	CAE _Q [€/m ²]
A	-	53,54	-	53,54	-	52,83	-	52,83	-	52,95	-	52,95
B	-	52,70	-	52,70	-	52,08	-	52,08	-	52,22	0,75	52,23
C	-	52,07	-	52,07	-	51,53	-	51,53	-	51,70	1,50	51,78
T1	-	54,19	-	54,19	-	53,61	-	53,61	-	53,50	-	53,50
T3	-	53,60	-	53,60	-	53,04	-	53,04	-	52,92	-	52,92
T5	-	53,11	-	53,11	-	52,56	-	52,56	-	52,43	-	52,43

A implementação de um sistema de palas nos envidraçados da escola apresenta maior viabilidade para os climas mais amenos. No caso do Funchal (I1-V1) é possível uma redução do consumo energético para o cenário histórico, mas apenas no caso de controlo da climatização por *set-points* de *PMV*. No cenário B1 é possível reduzir o custo anual equivalente no caso do *set-point PMV* do tipo A e reduzir o consumo energético para todos os tipos de *set-point* com a exceção do tipo T5. Nesta zona climática e no caso do cenário A2, o uso de palas leva sempre a uma redução do consumo de energia e, nos casos com *set-points* de *PMV* dos tipos A e B, também a uma diminuição do valor do *CAE*.

Equipar os envidraçados da escola com palas quando esta está localizada numa zona climática I2-V2 é sempre não vantajoso em termos económicos. No entanto, isso pode ser útil em termos de consumo de energia, mas apenas no cenário A2 e quando o controlo da climatização é por *set-points* de *PMV*.

No caso de Mirandela (I3-V3) só é viável a implementação de palas nos envidraçados da escola em termos de redução do consumo energético, mas apenas para o cenário A2 e quando os *set-points* são por *PMV* dos tipos B e C.

Os aumentos da severidade dos efeitos das alterações climáticas fazem com que o custo anual equivalente da utilização da escola vá decrescendo.

A diferença do *CAE* entre os *set-points*, garante, para a zona climática I1-V1, no cenário histórico uma diferença de 1,40 €/m² por ano, no cenário B1 de 0,99 €/m² por ano e no cenário A2 de 1,43 €/m² por ano. Para o clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 1,94 €/m² por ano, 1,82 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 1,49 €/m² por ano. No clima I3-V3, essa diferença do custo anual equivalente por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 2,12 €/m² por ano, 2,08 €/m² por ano no cenário B1 e para o cenário A2 a diferença é de 1,80 €/m² por ano. A diferença global, para o clima I1-V1 será de 1,43 €/m² por ano, no cenário B1 de 1,99 €/m² por ano e para o cenário A2 de 2,66 €/m² por ano.

É possível ver no Anexo B, nas Tabelas B.19 a B.27, os resultados referentes ao consumo energético da escola, às necessidades energéticas para aquecimento e para arrefecimento.

Ao contrário dos edifícios anteriores e quando comparados com o cenário histórico, o agravamento das alterações climáticas vai criar um aumento do consumo energético em todos os cenários, isto, para a zona climática I1-V1 para os *set-points* por *PMV*. Na zona climática I2-V2 ocorre o mesmo, mas apenas para o cenário A2.

A implementação de palas com o comprimento ótimo em termos económicos e para a escola localizada na zona climática I1-V1 permite uma redução dentro do cenário B1 para o *set-point* A de 0,58 kWh.m⁻².ano⁻¹. Dentro do cenário A2, para o *set-point* A essa redução é de 0,67 kWh.m⁻².ano⁻¹ e para o *set-point* B de 0,60 kWh.m⁻².ano⁻¹.

Para os casos das necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento continua a haver a mesma tendência que no caso dos edifícios anteriores, ou seja, um acréscimo das necessidades de aquecimento e uma redução das necessidades de arrefecimento.

A redução do consumo de energia pela escola é menor quando o controlo do funcionamento da climatização é feito por *set-points* da temperatura do ar interior do que quando esse controlo é efetuado por *set-points* de *PMV*.

4.2.4. Agência Bancária

Para o segundo edifício de serviço em estudo, a agência bancária, estão nas tabelas 4.28, 4.29 e 4.30 apresentados os resultados de qual o comprimento ótimo da pala de modo a encontrar o comprimento economicamente e energeticamente ótimo da pala, assim como o custo anual equivalente referente as duas situações em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de

alterações climáticas, respetivamente, assumindo a agência localizada nas zonas climáticas I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Nas figuras D.13 a D.16 do anexo D, estão representados os cálculos realizados para o comprimento da pala em função da espessura para todos os climas em estudos e também dos cenários climáticos.

Tabela 4.28. Agência bancária – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_q) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]
A	-	224,83 €	1,50	225,08 €	-	224,39 €	1,50	224,61 €	-	226,21 €	1,50	226,40 €
B	-	222,58 €	1,50	222,85 €	-	222,17 €	1,50	222,39 €	-	223,64 €	1,50	223,84 €
C	-	221,36 €	1,50	221,64 €	-	220,95 €	1,50	221,20 €	-	221,81 €	1,50	222,04 €
T1	-	227,48 €	-	227,48 €	-	224,18 €	-	224,18 €	-	224,05 €	-	224,05 €
T3	-	225,44 €	-	225,44 €	-	222,40 €	-	222,40 €	-	222,21 €	-	222,21 €
T5	-	223,86 €	-	223,86 €	-	221,43 €	-	221,43 €	-	221,08 €	-	221,08 €

Tabela 4.29. Agência bancária – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_q) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]
A	-	229,44 €	-	229,44 €	-	230,21 €	-	230,21 €	-	231,96 €	1,50	232,22 €
B	-	226,81 €	-	226,81 €	-	227,61 €	-	227,61 €	-	229,54 €	1,50	229,79 €
C	-	224,72 €	-	224,72 €	-	225,54 €	1,50	225,80 €	-	227,77 €	1,50	228,01 €
T1	-	232,57 €	-	232,57 €	-	233,32 €	-	233,32 €	-	233,82 €	-	233,82 €
T3	-	230,47 €	-	230,47 €	-	231,16 €	-	231,16 €	-	231,74 €	-	231,74 €
T5	-	228,56 €	-	228,56 €	-	229,13 €	-	229,13 €	-	229,80 €	-	229,80 €

Tabela 4.30. Agência bancária – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_q) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_q [m]	CAE_q [€/m ²]
A	-	233,13	0,50	233,24	-	232,10	-	232,10	-	232,70	-	232,70
B	-	230,55	-	230,55	-	229,45	-	229,45	-	230,15	-	230,15
C	-	228,35	-	228,35	-	232,10	-	232,10	-	228,10	1,50	228,36
T1	-	235,72	-	235,72	-	235,03	-	235,03	-	234,98	-	234,98
T3	-	233,88	-	233,88	-	233,06	-	233,06	-	232,98	-	232,98
T5	-	232,08	-	232,08	-	231,18	-	231,18	-	231,07	-	231,07

Equipar os envidraçados da agência bancária com palas não tem viabilidade económica, mas pode ser útil em termos de diminuição do consumo de energia.

Só há vantagem energética em aplicar palas quando o controlo da climatização é por set-points de *PMV*, em todos os cenários futuros no caso do Funchal (I1-V1) e no cenário A2 no caso de Ansião (I2-V2). A sua aplicação na agência quando localizada em Mirandela (I3-V3) não se revela útil.

Os valores do CAE da utilização da agência dependem da zona climática de implantação deste edifício e do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização. Por outro lado, não são particularmente sensíveis ao tipo de cenário de alterações climáticas.

Assim sendo, foi obtido que a diferença do CAE entre os *set-points*, garante, para a zona climática I1-V1, no cenário histórico uma diferença de 6,12 €/m² por ano, no cenário B1 de 3,44 €/m² por ano e no cenário A2 de 5,13 €/m² por ano. Para o clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 7,85 €/m² por ano, 7,78 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 6,05 €/m² por ano. Na zona climática I3-V3, essa diferença do custo anual equivalente por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 7,37 €/m² por ano, 5,58 €/m² por ano no cenário B1 e para o cenário A2 a diferença é de 4,60 €/m² por ano. No caso da diferença global, para a zona climática I1-V1 será de 5,45 €/m² por ano, no cenário B1 de 9,10 €/m² por ano e para o cenário A2 de 7,62 €/m² por ano.

É possível ver no Anexo B, Tabelas B.28 a B.36, os resultados referentes ao consumo de energia pela agência bancária, às suas necessidades energéticas para aquecimento e para arrefecimento.

O agravamento das alterações climáticas leva a que nos climas mais amenos não haja uma redução do consumo energético com a aplicação de palas. No caso do Funchal (I1-V1) haverá um aumento do consumo energético ao passar do cenário histórico para o A2. Em Ansião (I2-V2) consumo de energia do sistema AVAC será maior consoante a extremidade do cenário. Em Mirandela (I3-V3), só há um caso pontual onde ocorre esse aumento do consumo de energia, que será ao passar do cenário histórico para o A2 no caso do *set-point C*.

Globalmente, para todos os cenários e quando comparada com a não aplicação de palas, a implementação das mesmas não terá grande interesse, isto porque trará apenas uma redução ínfima do consumo de energia.

Novamente, nos casos das necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento continua a haver a mesma tendência dos outros resultados, ou seja, a aplicação de palas leva a um acréscimo das necessidades de aquecimento e a uma redução das necessidades de arrefecimento, isto dentro de cada cenário.

4.2.5. Clínica

Para a clínica com serviço de internamento os valores previstos no caso da clínica para o comprimento economicamente ótimo da pala (C_E) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_E) e para o comprimento da pala que leva ao menor consumo de energia (C_Q) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_Q), em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo a clínica localizada nas zonas climáticas I1-V1, I2-V2 e I3-V3, estão apresentados nas Tabelas 4.31, 4.32 e 4.33

As figuras D.17 a D.20 do anexo D, estão os resultados de cada cálculo realizado de modo a encontrar o comprimento ótimo da pala para todos os climas em estudos e cenários climáticos futuros.

Tabela 4.31. Clínica – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	172.16 €	1.50	172.19 €	1.00	171.27 €	1.50	171.27 €	1.00	172.05 €	1.50	172.05 €
B	-	167.68 €	1.50	167.78 €	-	166.64 €	1.50	166.67 €	1.25	167.56 €	1.50	167.57 €
C	-	165.09 €	1.50	165.25 €	-	164.18 €	1.50	164.28 €	-	164.89 €	1.50	164.94 €
T1	-	169.46 €	-	169.46 €	-	166.70 €	-	166.70 €	-	166.14 €	-	166.14 €
T3	-	167.62 €	-	167.62 €	-	165.13 €	-	165.13 €	-	164.59 €	-	164.59 €
T5	-	166.27 €	-	166.27 €	-	164.24 €	-	164.24 €	-	163.68 €	-	163.68 €

Tabela 4.32. Clínica – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	174.65 €	1.50	174.75 €	-	174.38 €	1.50	174.45 €	-	175.41 €	1.50	175.43 €
B	-	170.75 €	1.50	170.90 €	-	170.48 €	1.50	170.62 €	-	171.46 €	1.50	171.56 €
C	-	168.02 €	-	168.02 €	-	167.88 €	-	167.88 €	-	168.88 €	1.50	169.03 €
T1	-	173.70 €	-	173.70 €	-	173.08 €	-	173.08 €	-	173.11 €	-	173.11 €
T3	-	171.56 €	-	171.56 €	-	171.03 €	-	171.03 €	-	171.11 €	-	171.11 €
T5	-	169.87 €	-	169.87 €	-	169.35 €	-	169.35 €	-	169.40 €	-	169.40 €

Tabela 4.33. Clínica – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_E) e energéticos (C_Q) e respetivo CAE (CAE_E e CAE_Q), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]	C_E [m]	CAE_E [€/m ²]	C_Q [m]	CAE_Q [€/m ²]
A	-	177,19 €	-	177,19 €	-	174,97 €	1,50	175,08 €	-	175,16 €	1,50	175,24 €
B	-	173,37 €	-	173,37 €	-	171,33 €	-	171,33 €	-	171,60 €	1,50	171,73 €
C	-	170,46 €	-	170,46 €	-	168,85 €	-	168,85 €	-	169,21 €	1,50	169,37 €
T1	-	176,78 €	-	176,78 €	-	174,87 €	-	174,87 €	-	174,35 €	-	174,35 €
T3	-	174,60 €	-	174,60 €	-	172,86 €	-	172,86 €	-	172,33 €	-	172,33 €
T5	-	172,77 €	-	172,77 €	-	171,15 €	-	171,15 €	-	170,59 €	-	170,59 €

Equipar os envidraçados da clínica com palas não tem viabilidade económica. Ela pode ser útil em termos de diminuição do consumo de energia, mas apenas quando o controlo da climatização é por set-points de *PMV*, nomeadamente em todos os cenários de alterações climáticas no caso de o edifício estar localizado numa zona climática I1-V1 ou I2-V2 e no cenário A2 se ele se localizar numa zona climática I3-V3.

Os valores do *CAE* da utilização da clínica dependem da zona climática de implantação deste edifício e do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização. Por outro lado, são pouco sensíveis ao tipo de cenário de alterações climáticas e não se vislumbra uma relação consistente entre o *CAE* e a severidade do cenário futuro.

Quanto a valores em relação a este tipo de uso de palas para redução do *CAE* entre todos os *set-points*, permite, para o clima I1-V1, no cenário histórico que essa diferença será de 7,07 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,09 €/m² por ano e no cenário A2 de 7,46 €/m² por ano. Para o clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 6,63 €/m² por ano, 6,50 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 6,53 €/m² por ano. No clima I3-V3, essa diferença do custo anual equivalente por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 6,73 €/m² por ano, 6,12 €/m² por ano no cenário B1 e para o cenário A2 a diferença é de 5,95 €/m² por ano. Em termos de diferença global, para o clima I1-V1 será de 8,01 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,55 €/m² por ano e de 15,76 €/m² por ano no cenário A2.

É possível ver no Anexo B, Tabelas B.37 a B.45, os resultados referentes ao consumo energético da clínica, as suas necessidades energéticas para aquecimento e para arrefecimento.

Entre todos os casos, a aplicação de palas leva um aumento do consumo energético na zona climática I2-V2, mas apenas ao passar do cenário histórico para o cenário A2 e só para *set-points* por *PMV*.

A implementação de palas, apesar de não ter viabilidade económica, pode levar a um consumo energético mais baixo. Isto acontece apenas no caso da zona climática I1-V1 e apenas em três casos. O primeiro dentro do cenário B1 e para o set-point por *PMV* do tipo A (em que existe uma redução 0,87 kWh.m⁻².ano⁻¹), o segundo dentro do cenário A2 e para o set-point por *PMV* do tipo A (em que existe uma redução de 0,88 kWh.m⁻².ano⁻¹) e o terceiro na mesma dentro do cenário A2 mas para o *set-point* por *PMV* do tipo B (em que existe uma redução 1,10 kWh.m⁻².ano⁻¹).

Em termos de necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento, a aplicação de palas tem a mesma influência que no caso dos edifícios anteriores, ou seja, leva a um acréscimo da necessidade de energia para aquecimento e a um decréscimo das necessidades de energia para arrefecimento.

4.2.6. Supermercado

Finalmente, para o supermercado, nas Tabelas 4.34, 4.35 e 4.36 estão os valores previstos para o comprimento economicamente ótimo da pala (C_E), para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_E), para o comprimento da pala que leva ao menor consumo de energia (C_Q) e para o valor do respetivo custo anual equivalente (CAE_Q), em função do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas, respetivamente, assumindo que esteja implantado em climas característicos I1-V1, I2-V2 e I3-V3.

Para os cálculos globais, as figuras D.21 a D.24 do anexo D, têm representados os resultados de cada cálculo realizado para o comprimento ótimo da pala para todos os climas em estudos e cenário climáticos.

Tabela 4.34. Supermercado – zona climática I1-V1: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_a) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_a), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I1-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]
A	1.25	72.80 €	1.50	72.80 €	1.25	74.43 €	1.50	74.44 €	1.25	74.43 €	1.50	74.44 €
B	1.25	70.70 €	1.50	70.70 €	1.25	72.08 €	1.50	72.08 €	1.25	72.08 €	1.50	72.08 €
C	1.00	69.01 €	1.50	69.02 €	1.25	69.93 €	1.50	69.94 €	1.25	69.93 €	1.50	69.94 €
T1	-	70.07 €	-	70.07 €	-	69.18 €	1.50	69.22 €	-	69.18 €	1.50	69.22 €
T3	-	68.92 €	-	68.92 €	-	68.07 €	1.50	68.11 €	-	68.07 €	1.50	68.11 €
T5	-	68.09 €	-	68.09 €	-	67.32 €	1.50	67.38 €	-	67.32 €	1.50	67.38 €

Tabela 4.35. Supermercado – zona climática I2-V2: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_a) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_a), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I2-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]
A	1.25	72.57 €	1.50	72.58 €	1.25	73.91 €	1.50	73.91 €	1.25	76.31 €	1.50	76.32 €
B	1.25	70.82 €	1.50	70.82 €	1.25	72.06 €	1.50	72.06 €	1.25	74.24 €	1.50	74.24 €
C	1.00	69.58 €	1.50	69.58 €	1.00	70.78 €	1.50	70.79 €	1.25	72.64 €	1.50	72.65 €
T1	-	72.69 €	-	72.69 €	-	73.01 €	-	73.01 €	-	73.81 €	-	73.89 €
T3	-	71.44 €	-	71.44 €	-	71.79 €	-	71.79 €	-	72.60 €	-	72.68 €
T5	-	70.38 €	-	70.38 €	-	70.73 €	-	70.73 €	-	71.54 €	-	71.62 €

Tabela 4.36. Supermercado – zona climática I3-V3: valores do comprimento ótimo da pala em termos económicos (C_e) e energéticos (C_a) e respetivo CAE (CAE_e e CAE_a), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

I3-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]	C_e [m]	CAE_e [€/m ²]	C_a [m]	CAE_a [€/m ²]
A	-	73,31	1,50	73,34	1,25	73,33	1,50	73,34	1,25	75,24	1,50	75,25
B	-	71,52	1,50	71,55	1,00	71,78	1,50	71,79	1,25	73,47	1,50	73,47
C	-	70,23	1,50	70,27	-	70,64	1,50	70,67	1,00	72,15	1,50	72,16
T1	-	74,59	-	74,59	-	74,01	-	74,01	-	74,30	-	74,30
T3	-	73,34	-	73,34	-	72,79	-	72,79	-	73,06	-	73,06
T5	-	72,23	-	72,23	-	71,70	-	71,70	-	71,96	-	71,96

A aplicação de um sistema de palas aos envidraçados do supermercado tem viabilidade quer com foco em reduzir o custo anual equivalente quer com o da redução da energia consumida. No entanto, só é economicamente interessante aplicar palas se o controlo do sistema de climatização for feito por *set-points* de *PMV*, em todos os cenários de alterações climáticas (histórico, B1 e A2) no caso deste edifício estar localizado no Funchal (I1-V1) ou em Ansião (I2-V2) e apenas nos cenários B1 e A2 se ele se localizar em Mirandela (I3-V3). Em termos energéticos, esta aplicação de palas é interessante em todos os cenários de alterações climáticas e todas as zonas climáticas desde que o controlo do sistema de climatização seja por *set-points* de *PMV*. No caso da zona climática I1-V1, ela é também vantajosa com o controlo da climatização por *set-points* da temperatura do ar interior.

Os valores do CAE da utilização do supermercado dependem da zona climática de implantação deste edifício e do tipo de controlo do funcionamento do sistema de climatização. Por outro lado, são pouco sensíveis ao tipo de cenário de alterações climáticas e não se vislumbra uma relação consistente entre o CAE e a severidade do cenário futuro.

Quanto a valores em relação a este tipo de uso de palas para redução do CAE entre todos os *set-points*, permite, para o clima I1-V1, no cenário histórico que essa diferença será de 3,79 €/m² por ano, no cenário B1 de 7,11 €/m² por ano e no cenário A2 de 7,11 €/m² por ano. Para o clima I2-V2, no cenário histórico essa diferença é de 3,11 €/m² por ano, 3,18 €/m² por ano no cenário B1 e uma diferença no cenário A2 de 4,77 €/m² por ano. No clima I3-V3, essa diferença do custo anual equivalente por metro quadrado nos *set-points* em estudo é de 4,36 €/m² por ano, 3,37 €/m² por ano no cenário B1 e para o cenário A2 a diferença é de 3,28 €/m² por ano. Em termos de diferença global, para o clima I1-V1 será de 7,12 €/m² por ano, no cenário B1 de 6,71 €/m² por ano e de 5,02 €/m² por ano no cenário A2.

É possível ver no Anexo B, Tabelas B.46 a B.54, os resultados referentes ao consumo energético do supermercado, das suas necessidades energéticas para aquecimento e para arrefecimento.

Os resultados apresentados sugerem um aumento do consumo energético do edifício com o agravamento das alterações climáticas. No caso do Funchal (I1-V1) e no caso controlo de a climatização ser efetuado por *set-points* de PMV e face ao cenário histórico, existe um aumento do consumo de energia nos dois cenários de alterações climáticas (B1 e A2). No caso de Ansião (I2-V2) e de Mirandela (I3-V3) e face ao cenário histórico, também ocorre um aumento do consumo energético do supermercado nos dois cenários (B1 e A2) e com todos os tipos de controlo do funcionamento da climatização.

Sombrear os envidraçados do supermercado com palas tem um impacto muito reduzido em termos de consumo global de energia. Mesmo assim, a redução da quantidade de energia consumida é tanto maior quanto mais extremo for o clima no futuro.

De notar que no caso dos cenários de alterações climáticas B1 e A2, de o supermercado estar localizado na zona climática I1-V1 e de o controlo da climatização for efetuado por *set-points* de PMV, as necessidades de energia para aquecimento são nulas.

4.3. Discussão

A aplicação de isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente dos edifícios promove uma diminuição das trocas de calor por condução entre o interior e o exterior. Deste modo, leva a uma diminuição das necessidades de energia para aquecimento (Raimundo, 2020). Por outro lado, pode levar a uma diminuição ou a um aumento das necessidades de energia para arrefecimento (Raimundo, 2020).

A aplicação de palas aos envidraçados não tem qualquer influência nas trocas de calor por condução através da envolvente dos edifícios, mas tem potencial para diminuir os ganhos térmicos por radiação solar direta e, assim, poderá levar a um aumento das necessidades de energia para aquecimento e a uma diminuição das necessidades de energia para arrefecimento.

Nas duas secções anteriores analisaram-se as vantagens económicas e energéticas da implementação de isolamento térmico nos elementos construtivos opacos da envolvente dos seis edifícios em apreço e da aplicação de palas nos seus envidraçados, mas esta análise foi efetuada individualmente para cada uma daquelas medidas de melhoria. Nesta secção discutem-se as vantagens económicas e energéticas da aplicação simultânea das duas medidas de melhoria anteriores.

De modo a agregar as previsões obtidas para os valores recomendados da espessura de isolamento térmico e do comprimento das palas dos envidraçados, construíram-se as Tabelas 4.87 a 4.92, as quais exibem a combinação ótima destas duas soluções construtivas.

Tabela 4.37. Apartamento: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

	Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2											
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q					
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P				
	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]	[cm]	[m]		
I1-V1	A	5	0	12	0	2	0	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12	0
	B	4	0	12	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	12	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0
	T1	8	0	12	0	6	0	12	0	5	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T3	8	0	12	0	6	0	12	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	6	0	12	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	
I2-V2	A	8	0	12	0	6	0	12	0	6	0	12	0	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	8	0	12	0	6	0	12	0	5	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	8	0	12	0	6	0	12	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T1	10	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T3	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I3-V3	A	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	1.25
	T1	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	T3	10	0	12	0	10	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabela 4.38. Moradia: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

11-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				12-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				13-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		
A	6	0	12	0	3	0	12	0	0	0.50	12	1.50	A	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	A	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0
B	6	0	12	0	2	0	10	0	0	0	5	1.50	B	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	B	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0
C	5	0	12	0	0	0	6	0	0	0	2	1.50	C	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	C	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0
T1	10	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	T1	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0	T1	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0
T3	8	0	12	0	6	0	12	0	5	0	12	0	T3	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0	T3	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0
T5	8	0	12	0	6	0	12	0	4	0	12	0	T5	10	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	T5	10	0	12	0	10	0	12	0	10	0	12	0

Tabela 4.39. Escola: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

11-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				12-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				13-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		
A	0	0	1	1.50	0	1.50	0	1.50	0	1.50	0	1.50	A	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	5	1.50	A	4	0	12	0	0	0	12	0	0	0	10	0
B	0	0	0	1.50	0	0	1.50	0	1.50	0	1.50	0	1.50	B	0	0	12	0	0	0	6	0	0	3	1.50	B	3	0	12	0	0	0	12	0	0	0	8	0.75
C	0	0	0	1.50	0	0	1.50	0	0	0	1.50	0	1.50	C	0	0	11	0	0	0	4	1.50	0	3	1.50	C	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	5	1.50
T1	0	0	12	0	0	0	3	1.50	0	0	1	1.50	T1	4	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T1	5	0	12	0	4	0	12	0	0	0	12	0	
T3	0	0	12	0	0	0	2	1.50	0	0	0	1.50	T3	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T3	4	0	12	0	4	0	12	0	0	0	12	0	
T5	0	0	12	0	0	0	2	0	0	0	0	1.50	T5	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T5	4	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	

Tabela 4.40. Agência bancária: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

11-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				12-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				13-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		
A	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	A	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	1	1.50	A	0	0	12	0.50	0	0	12	0	0	0	12	0
B	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	B	0	0	10	0	0	0	12	0	0	0	0	1.50	B	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0
C	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	C	0	0	5	0	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	C	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	1	1.50
T1	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	T1	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T1	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	
T3	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	8	0	T3	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T3	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	
T5	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	2	0	T5	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12	0	T5	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	

Tabela 4.41. Clínica: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

11-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				12-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				13-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		
A	0	0	0	1.50	0	1.00	0	1.50	0	1.00	0	1.50	A	0	0	10	1.50	0	0	4	1.50	0	0	12	1.50	A	5	0	12	0	3	0	12	1.50	0	0	12	1.50
B	0	0	4	1.50	0	0	0	1.50	0	1.25	0	1.50	B	4	0	12	1.50	3	0	12	1.50	3	0	12	1.50	B	6	0	12	0	4	0	12	0	4	0	12	1.50
C	0	0	4	1.50	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	C	4	0	12	0	3	0	12	0	3	0	12	1.50	C	6	0	12	0	5	0	12	0	4	0	12	1.50
T1	6	0	12	0	3	0	12	0	0	0	6	0	T1	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	T1	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0
T3	6	0	12	0	3	0	12	0	0	5	0	0	T3	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	T3	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0
T5	5	0	12	0	0	0	12	0	0	0	4	0	T5	8	0	12	0	6	0	12	0	6	0	12	0	T5	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0

Tabela 4.42. Supermercado: Combinação, para cada zona climática, dos valores ótimos em termos económicos (CAE) e em termos energéticos (Q) da aplicação de isolamento térmico (I) e de palas (P), em função do tipo de controlo do sistema de climatização e do cenário de alterações climáticas.

11-V1	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				12-V2	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2				13-V3	Cenário Histórico				Cenário B1				Cenário A2			
	CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q			CAE		Q		CAE		Q		CAE		Q	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P		
A	0	0	0	1.50	0	1.00	0	1.50	0	1.00	0	1.50	A	0	0	10	1.50	0	0	4	1.50	0	0	12	1.50	A	5	0	12	0	3	0	12	1.50	0	0	12	1.50
B	0	0	4	1.50	0	0	0	1.50	0	1.25	0	1.50	B	4	0	12	1.50	3	0	12	1.50	3	0	12	1.50	B	6	0	12	0	4	0	12	0	4	0	12	1.50
C	0	0	4	1.50	0	0	0	1.50	0	0	0	1.50	C	4	0	12	0	3	0	12	0	3	0	12	1.50	C	6	0	12	0	5	0	12	0	4	0	12	1.50
T1	6	0	12	0	3	0	12	0	0	0	6	0	T1	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0	T1	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0
T3	6	0	12	0	3	0	12	0	0	5	0	0	T3	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0	T3	8	0	12	0	8	0	12	0	8	0	12	0
T5	5	0	12	0	0	0	12	0	0	0	4	0	T5	8	0	12	0	6	0	12	0	6	0	12	0	T5	8	0	12	0	8	0	12	0	6	0	12	0

Genericamente, a aplicação de palas aos envidraçados dos edifícios não traz vantagem económica, mas tem grande potencial para aportar benefícios energéticos, devido à diminuição das necessidades de aquecimento serem em muitos casos maiores que o aumento das necessidades de arrefecimento. No

entanto, esta constatação não é vinculativa, visto os edifícios considerados já incorporarem sistemas de sombreamento dos envidraçados minimamente eficazes.

A aplicação de isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente dos edifícios apresenta sempre benefícios energéticos e, por norma, também é economicamente vantajosa, mas apenas se o material isolante for aplicado no meio do elemento e até uma determinada espessura, a espessura ótima (Saraiva, 2017; Raimundo et al, 2020).

Sob o ponto de vista energético, a vantagem da aplicação conjunta de ambas as medidas de melhoria anteriores dependem da zona climática da localização do edifício e do cenário de alterações climáticas em apreço. Por norma, a sua combinação é energeticamente interessante, chegando a ser muito interessante em várias situações.

Sob o ponto de vista económico, a aplicação conjunta das duas medidas de melhoria muito raramente é viável, isto por culpa da má relação benefício/custo da aplicação de palas aos envidraçados.

Com base nas tabelas anteriores é possível verificar que a implementação conjunta das duas soluções construtivas é maioritariamente favorecida se o controlo da climatização for efetuado por *set-points* de *PMV*. No caso da escola, a aplicação de palas aos envidraçados também pode ser vantajosa quando o controlo da climatização é feito por *set-points* da temperatura do ar, mas apenas quando este edifício está localizado numa zona climática I1-V1.

A espessura recomendada de isolamento térmico está intimamente relacionada com os seguintes dois aspetos. O primeiro é que quanto mais intenso é o clima do local em que um edifício está implantado maior é a espessura de isolamento térmico aconselhável. O segundo é que quanto mais extremas forem as alterações climáticas menor é a espessura recomendada de isolamento térmico. As únicas exceções desta afirmação são no caso da clínica, analisando o caso em Ansião e com o foco em reduzir os consumos energéticos do edifício no *set-point* A. No supermercado onde a redução afirmada anteriormente acontece ao passar do cenário histórico para o B1, mas ao passar deste cenário para o A2 ocorre um aumento da espessura ótima em termos energéticos

Controlar o funcionamento dos sistemas de climatização pelo *set-point* de *PMV* do tipo C ($-0.75 \leq PMV \leq +0.75$) garante que apenas 17% dos ocupantes do espaço interior estejam não satisfeitos com o ambiente térmico (ISO 7730, 2005), o que é indicativo de condições de conforto térmico do ambiente interior muito satisfatórias. Acontece que, sejam quais forem os cenários, os edifícios ou as zonas climáticas, os consumos de energia para climatização por *set-point* de *PMV* do tipo C são significativamente inferiores aos que ocorrem com o controlo da climatização por *set-points* de *PMV* do tipo B e A e também pelo *set-point* da temperatura do ar interior do tipo T1 ($22 \leq T_{ar} \leq 23$ °C) e, em certos casos, também pelo *set-point* do tipo T3 ($21 \leq T_{ar} \leq 24$ °C). É, assim, notória a vantagem económica, energética e ambiental de controlar o funcionamento dos sistemas de climatização pelo *set-point* de *PMV* do tipo C.

Em relação à aplicação das palas também é possível verificar a existência de uma correlação, mas agora relacionada com três critérios. O primeiro é que quanto mais amena é a zona climática em questão maior é a vantagem energética da aplicação destes elementos construtivos. O segundo é que a aplicação de palas é energeticamente mais vantajosa quando a climatização é controlada por *set-points* de *PMV* do que quando a mesma é controlada por *set-points* da temperatura do ar interior. O terceiro é que quanto mais extremas forem as alterações climáticas futuras maior será a gama de tipos de *set-points* de controlo da climatização em que a aplicação de palas será interessante em termos energéticos. No entanto, existe um caso que parece contrariar o terceiro critério. Trata-se da agência bancária quando localizada em Mirandela (I3-V3) e com controlo da climatização por *PMV* do tipo A, em que se constatou que será interessante aplicar palas no caso do cenário histórico, mas não no caso dos cenários B1 e A2.

Em relação ao custo anual equivalente dos edifícios, os distintos climas em estudo permitem observar que o local onde o edifício é construído é bastante importante, sendo que em Mirandela esses custos serão

sempre, por norma, maiores do que nos outros dois locais (Funchal e Ansião), assim como também é maior o correspondente consumo energético.

Os resultados apresentados evidenciam que, em termos muito genéricos, é legítimo afirmar que a passagem do cenário histórico para o cenário moderado de alterações climáticas B1 leva a uma diminuição quer o consumo de energia para climatização quer o custo anual equivalente do edifício. Por outro lado, devido a levar a um aumento substancial das necessidades de energia para arrefecimento, a passagem do cenário histórico para o cenário extremo de alterações climáticas A2 leva a um aumento quer o consumo de energia para climatização quer o custo anual equivalente do edifício. As evidências anteriores são mais notórias quando o controlo do funcionamento dos sistemas de climatização é efetuado recorrendo a *set-points* de *PMV*.

Há um fator a ter em consideração quando o controlo da climatização é feito por *set-points* de *PMV*. Sendo o valor do *PMV* determinado através do algoritmo presente na norma ISO 7730 (2005), o isolamento térmico intrínseco promovido pelo vestuário é um dos parâmetros com mais influência sobre o valor obtido para o *PMV*. Deste modo, o vestuário utilizado pelas pessoas tem um impacto direto sobre as necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento, e indiretamente sobre o custo anual equivalente da utilização do edifício. Logo, o uso de vestuário com uma resistência térmica adequada ao ambiente térmico que existe em cada momento no interior dos edifícios é essencial para poder poupar energia e, assim, para minimizar os gastos com a climatização.

Acontece que, durante a execução deste trabalho, se assumiu o vestuário utilizado pelas pessoas é o adequado para o edifício em questão e para a situação climática atual. Ou seja, o vestuário considerado depende da tipologia de uso do edifício, da estação do ano e da hora do dia, mas não do cenário de alterações climáticas. É óbvio que as pessoas irão adequar aquilo que vestem às condições ambientais que se vierem a verificar. Logo, considerar o uso do mesmo vestuário no caso do cenário A2 do que no caso do cenário histórico pode não ser o mais preciso. Deste modo, na situação de controlo da climatização por *set-points* de *PMV*, os consumos energéticos para arrefecimento dos edifícios previstos para os cenários futuros B1 e A2 pecam por excesso.

5. CONCLUSÕES

Pretendeu-se com este estudo avaliar a viabilidade económica e a vantagem energética da aplicação de duas soluções de melhoria dos edifícios localizados em Portugal face à influência das prováveis alterações climáticas que se avizinham. As soluções construtivas em questão são a aplicação de isolamento térmico nos elementos da envolvente opaca e a colocação de palas para sombreamento dos envidraçados.

Para representar o edificado Português consideraram-se seis edifícios, representativos de várias tipologias de uso: um apartamento, uma moradia, uma escola, uma agência bancária, uma clínica e um supermercado.

Para representar o clima Português selecionaram-se três locais, um com um clima suave (Funchal), outro com um clima moderado (Ansião) e outro com um clima intenso (Mirandela).

Assumiu-se que o sistema de climatização dos edifícios era baseado num Chiller-Bomba-de-calor por ciclo de compressão-expansão. Para controlo do funcionamento deste sistema consideraram-se seis possibilidades, três delas baseadas em *set-points* do indicador de conforto térmico *PMV* e três baseadas em *set-points* da temperatura do ar no interior dos espaços climatizados dos edifícios.

Os resultados apresentados foram obtidos recorrendo a um *software* de simulação do comportamento energético de edifícios, do tipo monozona, e com capacidade para determinar o custo anual equivalente do ciclo de vida dos mesmos.

Com isto tudo foi possível verificar que, o aumento da gravidade das alterações climáticas, em especial da temperatura do ar, leva a que as necessidades de aquecimento irão diminuir e a que as necessidades arrefecimento irão aumentar.

Os resultados previstos demonstram que, mesmo em situação de alterações climáticas, o custo anual equivalente e o consumo energético continuam muito ligados à zona climática onde os edifícios estão localizados e à sua tipologia de uso.

Constatou-se que, globalmente, com o aumento da severidade das alterações climáticas aumentam as necessidades de energia para arrefecimento e diminuem as necessidades de energia para aquecimento. No entanto, as necessidades de arrefecimento aumentam mais do que as de aquecimento diminuem, o que leva a um aumento do consumo de energia pelo edifício e, conseqüentemente, a um aumento do custo anual equivalente da utilização do mesmo.

A aplicação de palas nos envidraçados ganhará importância no futuro, a qual será tanto maior quanto mais severas forem as alterações climáticas. Os resultados demonstraram que da aplicação de palas não virão benefícios económicos, a menos que haja um substancial aumento do preço de compra de energia (aspecto que não foi analisado). Por outro lado, os benefícios energéticos da colocação de palas podem ser substanciais, nomeadamente se as alterações climáticas forem severas.

A aplicação de isolamento térmico nos elementos opacos da envolvente dos edifícios apresenta sempre benefícios energéticos e, por norma, também é economicamente vantajosa. No entanto, a verificarem-se alterações climáticas, elas levarão a um decréscimo da sua importância, fazendo com que a sua espessura ótima diminua com o aumento da severidade das alterações ao clima.

Independentemente da situação, a aplicação conjunta das duas medidas de melhoria anteriores muito raramente será viável sob o ponto de vista económico, isto por culpa da má relação benefício/custo da aplicação de palas aos envidraçados.

Sob o ponto de vista energético, a aplicação conjunta das duas medidas de melhoria vai de não interessante numas situações a muito vantajosa noutras, dependendo da tipologia de uso do edifício, da zona climática em que está localizado e do cenário de alterações climáticas que se vier a verificar.

REFERÊNCIAS

- Aguiar R, Oliveira M & Gonçalves H (2002), Climate change impacts on the thermal performance of Portuguese buildings. Results of the SIAM study, *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 23, nº 4, pp. 223-231.
- Belcher S E, Hacker J N & Powell D S (2005), Constructing design weather data for future climates, *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 26, nº 1, pp. 49-61.
- CCCMA - Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (2005), *IPCC DDC AR4 CGCM3.1-T63_(hi-res) SRESB1*. Download em abril de 2020, a partir do site: <http://climate-modelling.canada.ca/data/cgcm3/cgcm3.shtml>
- CCCMA - Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (2007), *IPCC DDC AR4 CGCM3.1-T47_(med-res) SRESA1B*. Download em Abril de 2020, a partir do site: <http://climate-modelling.canada.ca/data/cgcm3/cgcm3.shtml>
- Claro J A (2015), Viabilidade da instalação em escolas secundárias de sistemas de geração em regime de produção para autoconsumo, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, julho de 2015.
- Costa Luís (2018), Custo do conforto térmico em edifícios localizados em Portugal, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, setembro de 2018.
- CYPE Ingenieros, S.A. (2017), gerador de preços Cype para os edifícios Portugueses, site: <http://www.geradordeprecos.info/>
- Eurostat (2020), European Union energy price statistics explained, acessado em abril de 2020, site: <http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/>
- IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- ISO 13790 (2006), Energy performance of buildings - calculation of energy use for space heating and cooling, International standard.
- ISO 7730:2005 (2005), Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- ISO 8996:1990 (1990), Ergonomie – Determination de la production de chaleur metabolique.
- Lam J C, Wan K K W, Tsang C L, Yang L (2008), Building energy efficiency in different climates. *Energy Conversion and Management*, 49(8), 2354-66.
- Larsen M A D, Petrovic S, Radoszynki A M, McKenna R & Balyk O (2020), Climate change impacts on trends and extremes in future heating and cooling over Europe, *Energy & Buildings*, 226, 110397.
- McGraw-Hill Construction (2010), Energy efficiency trends in residential and commercial buildings, Prepared for the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, USA. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f5/building_trends_2010.pdf

- Nozawa Toru (2005). *IPCC DDC AR4 CCSR-MIROC3.2_(med-res) SRESA2 run1*. World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ. Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESA2_1_run2; Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cerawww.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESA2_2_run3; Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESA2_3
- Nozawa Toru (2005). *IPCC DDC AR4 CCSR-MIROC3.2_(med-res) SRESB1 run1*. World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ. Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESB1_1_run2; Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cerawww.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESB1_2_run3; Download em Abril de 2020, a partir do site: http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=MIROC3.2_mr_SRESB1_3
- Raimundo A M (2008), Cálculo do comportamento térmico de edifícios através do modelo dinâmico horário monozona 5R1C, II Conferência Nacional de Métodos Numéricos em Mecânica de Fluidos e Termodinâmica, Universidade de Aveiro, 8-9 de maio de 2008.
- Raimundo A M (2016), CalProTerm – folha de cálculo das propriedades termofísicas das soluções construtivas dos edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica, FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M (2017), SEnergED – software de simulação dinâmica monozona e de cálculo do custo anual equivalente do ciclo de vida de edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica, FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011b). Projeto RCCTE de uma moradia (caso prático), Cursos de formação sobre o SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011a), Projeto RCCTE de um apartamento (caso prático), Cursos de formação sobre o SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Gaspar A R, Lamas F B (2011c). Projeto RSECE de um edifício de serviços (caso prático), Cursos de formação sobre SCE, DEM-FCTUC, Universidade de Coimbra.
- Raimundo A M, Lamas F B, Simões N A (2007), Relatório de Resolução do Caso Prático. Curso de formação de formadores do SCE, Módulo de Certificação realizado no hotel SANA.
- Raimundo A M, Saraiva N B, Oliveira A V M (2020), Thermal insulation cost optimality of opaque constructive solutions of buildings under Portuguese temperate climate, *Building and Environment*, vol. 182, 107107.
- Raimundo A M. (2015), Elemento de apoio à disciplina de Economia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra.
- RCCTE (2006), Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios, Decreto-Lei nº 80/2006, DR nº 67 – Série I -A, 4 de abril de 2006.
- Rebelo A C (2016), Ponto ótimo de rentabilidade económica dos envidraçados aplicados em edifícios localizados em Portugal, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, fevereiro de 2016.

- Ren Z, Chen D (2018), Modelling study of the impact of thermal comfort criteria on housing energy use in Australia.
- Ritter, Michael E. (2006), The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography, California Open Educational Resources Council, open etextbook, www.cool4ed.org.
- Saraiva N B (2017), Ponto ótimo de rentabilidade económica das soluções construtivas opacas de edificios localizados em Portugal, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, julho de 2017.
- Vidigueira V (2013), Influência da estratégia de ventilação no consumo energético dos edificios de serviços com utilização intermitente e elevadas cargas térmicas internas, Dissertação de MIEM, Universidade de Coimbra, janeiro de 2013.

ANEXO A

Apartamento

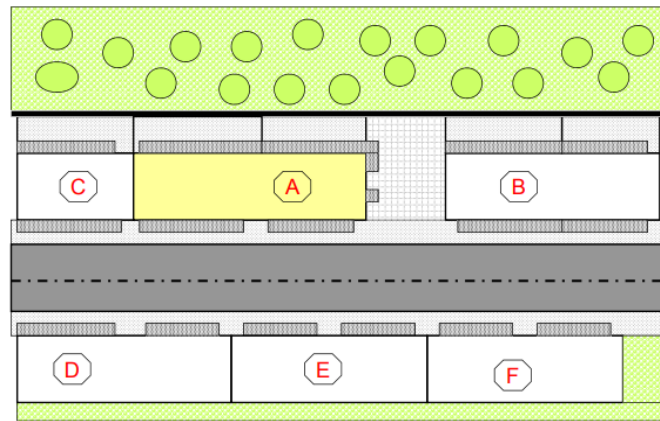


Figura A.1. Localização do apartamento (A).

Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	130 301		166 853 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	60 361	-1	76 472 €
Espaços complementares (constr + equip):	5 640	-2	7 360 €
Terreno e infraestruturas:	25 000	-3	33 601 €
Sistemas de iluminação:	6 000	0	7 380 €
Sistemas de AVAC:	6 000	-1	7 601 €
Sistemas de água e esgotos:	3 000	0	3 690 €
Sistemas para preparação de AQS:	3 000	0	3 690 €
Sistemas de energia renovável - 1:	3 000	-1	3 801 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	2 000	0	2 460 €
Outros encargos (licenças, etc.):	10 000	-2	13 049 €
Outros encargos:	6 300	0	7 749 €

Figura A.2. Investimentos do projeto do apartamento.

Tabela A.1. Perfil de ocupação do apartamento.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	100	0 - 1	100	0 - 1	100
1 - 2	100	1 - 2	100	1 - 2	100
2 - 3	100	2 - 3	100	2 - 3	100
3 - 4	100	3 - 4	100	3 - 4	100
4 - 5	100	4 - 5	100	4 - 5	100
5 - 6	100	5 - 6	100	5 - 6	100
6 - 7	100	6 - 7	100	6 - 7	100
7 - 8	60	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	40	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	0	9 - 10	75	9 - 10	50
10 - 11	0	10 - 11	75	10 - 11	50
11 - 12	0	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	30	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	30	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	0	14 - 15	50	14 - 15	25
15 - 16	0	15 - 16	50	15 - 16	25
16 - 17	0	16 - 17	50	16 - 17	25
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	25
18 - 19	100	18 - 19	50	18 - 19	25
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	100	22 - 23	100	22 - 23	100
23 - 24	100	23 - 24	100	23 - 24	100

Tabela A.2. Perfil de iluminação do apartamento.

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	5	1 - 2	5	1 - 2	5
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	30	8 - 9	30	8 - 9	30
9 - 10	0	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	0	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	0	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	10	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	10	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	0	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	0	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	0	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	20	17 - 18	20	17 - 18	20
18 - 19	30	18 - 19	30	18 - 19	30
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Tabela A.3. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) do apartamento.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Utilização		Utilização		Utilização	
Hora	(%)	Hora	(%)	Hora	(%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	5	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	5	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	5	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	25	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	25	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	5	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	5	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	5	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	40	17 - 18	40	17 - 18	40
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	60	19 - 20	60	19 - 20	60
20 - 21	60	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	60	21 - 22	60	21 - 22	60
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Moradia

Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	374 672		480 446 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	76 604	-1	97 049 €
Espaços complementares (constr + equip):	19 860	-2	25 915 €
Terreno e infraestruturas:	120 000	-3	161 287 €
Sistemas de iluminação:	20 000	0	24 600 €
Sistemas de AVAC:	20 000	-1	25 338 €
Sistemas de água e esgostos:	10 000	0	12 300 €
Sistemas para preparação de AQS:	10 000	0	12 300 €
Sistemas de energia renovável - 1:	3 000	-1	3 801 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	10 000	0	12 300 €
Outros encargos (licenças, etc.):	10 000	-2	13 049 €
Outros encargos:	75 209	0	92 506 €

Figura A.3. Investimentos do projeto do apartamento.

Tabela A.4. Perfil de ocupação da moradia.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	100	0 - 1	100	0 - 1	100
1 - 2	100	1 - 2	100	1 - 2	100
2 - 3	100	2 - 3	100	2 - 3	100
3 - 4	100	3 - 4	100	3 - 4	100
4 - 5	100	4 - 5	100	4 - 5	100
5 - 6	100	5 - 6	100	5 - 6	100
6 - 7	100	6 - 7	100	6 - 7	100
7 - 8	60	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	40	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	0	9 - 10	75	9 - 10	50
10 - 11	0	10 - 11	75	10 - 11	50
11 - 12	0	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	30	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	30	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	0	14 - 15	50	14 - 15	25
15 - 16	0	15 - 16	50	15 - 16	25
16 - 17	0	16 - 17	50	16 - 17	25
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	25
18 - 19	100	18 - 19	50	18 - 19	25
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	100	22 - 23	100	22 - 23	100
23 - 24	100	23 - 24	100	23 - 24	100

Tabela A.5. Perfil de iluminação da moradia.

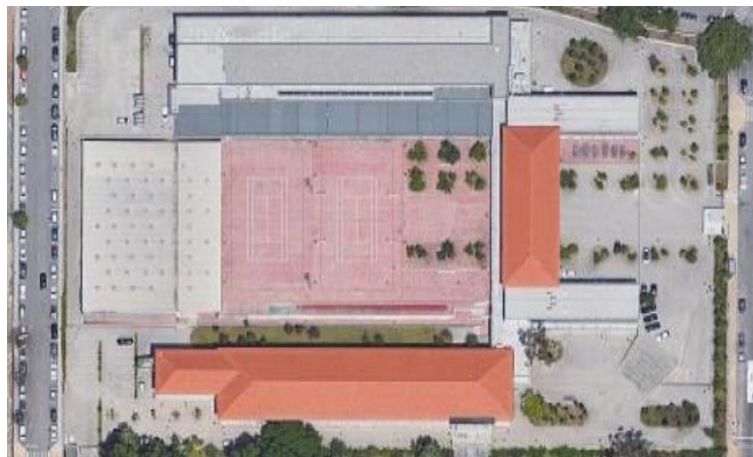
Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	5	1 - 2	5	1 - 2	5
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	30	8 - 9	30	8 - 9	30
9 - 10	0	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	0	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	0	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	10	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	10	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	0	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	0	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	0	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	20	17 - 18	20	17 - 18	20
18 - 19	30	18 - 19	30	18 - 19	30
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Tabela A.6. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da moradia.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Utilização		Utilização		Utilização	
Hora	(%)	Hora	(%)	Hora	(%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	5	2 - 3	5	2 - 3	5
3 - 4	5	3 - 4	5	3 - 4	5
4 - 5	5	4 - 5	5	4 - 5	5
5 - 6	5	5 - 6	5	5 - 6	5
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	5	9 - 10	30	9 - 10	30
10 - 11	5	10 - 11	30	10 - 11	30
11 - 12	5	11 - 12	30	11 - 12	30
12 - 13	25	12 - 13	30	12 - 13	30
13 - 14	25	13 - 14	30	13 - 14	30
14 - 15	5	14 - 15	30	14 - 15	30
15 - 16	5	15 - 16	30	15 - 16	30
16 - 17	5	16 - 17	30	16 - 17	30
17 - 18	40	17 - 18	40	17 - 18	40
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	60	19 - 20	60	19 - 20	60
20 - 21	60	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	60	21 - 22	60	21 - 22	60
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	40	23 - 24	40	23 - 24	40

Escola

Figura A.7. Vista de satélite da escola.



Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	8 387 763		10 735 254 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	3 601 625	-1	4 562 899 €
Espaços complementares (constr + equip):	250 869	-2	327 361 €
Terreno e infraestruturas:	2 000 000	-3	2 688 108 €
Sistemas de iluminação:	400 000	0	492 000 €
Sistemas de AVAC:	900 000	-1	1 140 210 €
Sistemas de água e esgostos:	300 000	0	369 000 €
Sistemas para preparação de AQS:	240 000	0	295 200 €
Sistemas de energia renovável - 1:	42 000	-1	53 210 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	260 000	0	319 800 €
Outros encargos (licenças, etc.):	50 000	-2	65 245 €
Outros encargos:	343 269	0	422 221 €

Figura A.4. Investimentos do projeto da escola.

Tabela A.8. Perfil de ocupação da escola.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sábados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0-1	0	0-1	0	0-1	0
1-2	0	1-2	0	1-2	0
2-3	0	2-3	0	2-3	0
3-4	0	3-4	0	3-4	0
4-5	0	4-5	0	4-5	0
5-6	0	5-6	0	5-6	0
6-7	0	6-7	0	6-7	0
7-8	40	7-8	0	7-8	0
8-9	60	8-9	0	8-9	0
9-10	100	9-10	0	9-10	0
10-11	100	10-11	0	10-11	0
11-12	90	11-12	0	11-12	0
12-13	80	12-13	0	12-13	0
13-14	100	13-14	0	13-14	0
14-15	100	14-15	0	14-15	0
15-16	100	15-16	0	15-16	0
16-17	70	16-17	0	16-17	0
17-18	60	17-18	0	17-18	0
18-19	40	18-19	0	18-19	0
19-20	7	19-20	0	19-20	0
20-21	7	20-21	0	20-21	0
21-22	7	21-22	0	21-22	0
22-23	7	22-23	0	22-23	0
23-24	0	23-24	0	23-24	0

Tabela A.9. Perfil de iluminação da escola.

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	10	0 - 1	10	0 - 1	10
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	10	2 - 3	10	2 - 3	10
3 - 4	10	3 - 4	10	3 - 4	10
4 - 5	10	4 - 5	10	4 - 5	10
5 - 6	10	5 - 6	10	5 - 6	10
6 - 7	10	6 - 7	10	6 - 7	10
7 - 8	10	7 - 8	10	7 - 8	10
8 - 9	60	8 - 9	10	8 - 9	10
9 - 10	90	9 - 10	10	9 - 10	10
10 - 11	100	10 - 11	10	10 - 11	10
11 - 12	100	11 - 12	10	11 - 12	10
12 - 13	95	12 - 13	10	12 - 13	10
13 - 14	80	13 - 14	10	13 - 14	10
14 - 15	80	14 - 15	10	14 - 15	10
15 - 16	100	15 - 16	10	15 - 16	10
16 - 17	100	16 - 17	10	16 - 17	10
17 - 18	90	17 - 18	10	17 - 18	10
18 - 19	70	18 - 19	10	18 - 19	10
19 - 20	60	19 - 20	10	19 - 20	10
20 - 21	10	20 - 21	10	20 - 21	10
21 - 22	10	21 - 22	10	21 - 22	10
22 - 23	10	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	10	23 - 24	10	23 - 24	10

Tabela A.10. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da escola.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	0	0 - 1	0
1 - 2	0	1 - 2	0	1 - 2	0
2 - 3	0	2 - 3	0	2 - 3	0
3 - 4	0	3 - 4	0	3 - 4	0
4 - 5	0	4 - 5	0	4 - 5	0
5 - 6	0	5 - 6	0	5 - 6	0
6 - 7	0	6 - 7	0	6 - 7	0
7 - 8	0	7 - 8	0	7 - 8	0
8 - 9	60	8 - 9	0	8 - 9	0
9 - 10	100	9 - 10	0	9 - 10	0
10 - 11	100	10 - 11	0	10 - 11	0
11 - 12	100	11 - 12	0	11 - 12	0
12 - 13	100	12 - 13	0	12 - 13	0
13 - 14	80	13 - 14	0	13 - 14	0
14 - 15	80	14 - 15	0	14 - 15	0
15 - 16	100	15 - 16	0	15 - 16	0
16 - 17	100	16 - 17	0	16 - 17	0
17 - 18	90	17 - 18	0	17 - 18	0
18 - 19	70	18 - 19	0	18 - 19	0
19 - 20	60	19 - 20	0	19 - 20	0
20 - 21	0	20 - 21	0	20 - 21	0
21 - 22	0	21 - 22	0	21 - 22	0
22 - 23	0	22 - 23	0	22 - 23	0
23 - 24	0	23 - 24	0	23 - 24	0

Agência Bancária



Figura A.5. Vista frontal da agência bancária.

Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	217 320		283 891 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	52 320	-1	66 284 €
Espaços complementares (constr + equip):	0	-2	0 €
Terreno e infraestruturas:	120 000	-3	161 287 €
Sistemas de iluminação:	15 000	0	18 450 €
Sistemas de AVAC:	6 000	-1	7 601 €
Sistemas de água e esgotos:	6 000	0	7 380 €
Sistemas para preparação de AQS:	0	0	0 €
Sistemas de energia renovável - 1:	0	-1	0 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	2 000	0	2 460 €
Outros encargos (licenças, etc.):	10 000	-2	13 049 €
Outros encargos:	6 000	0	7 380 €

Figura A.6. Investimentos do projeto para a agência bancária.

Tabela A.11. Perfil de ocupação da agência bancária.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0-1	0	0-1	0	0-1	0
1-2	0	1-2	0	1-2	0
2-3	0	2-3	0	2-3	0
3-4	0	3-4	0	3-4	0
4-5	0	4-5	0	4-5	0
5-6	0	5-6	0	5-6	0
6-7	0	6-7	0	6-7	0
7-8	25	7-8	0	7-8	0
8-9	25	8-9	0	8-9	0
9-10	100	9-10	0	9-10	0
10-11	100	10-11	0	10-11	0
11-12	95	11-12	0	11-12	0
12-13	95	12-13	0	12-13	0
13-14	90	13-14	0	13-14	0
14-15	100	14-15	0	14-15	0
15-16	50	15-16	0	15-16	0
16-17	50	16-17	0	16-17	0
17-18	50	17-18	0	17-18	0
18-19	0	18-19	0	18-19	0
19-20	0	19-20	0	19-20	0
20-21	0	20-21	0	20-21	0
21-22	0	21-22	0	21-22	0
22-23	0	22-23	0	22-23	0
23-24	0	23-24	0	23-24	0

Tabela A.12. Perfil de iluminação da agência bancária.

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0-1	10	0-1	10	0-1	10
1-2	10	1-2	10	1-2	10
2-3	10	2-3	10	2-3	10
3-4	10	3-4	10	3-4	10
4-5	10	4-5	10	4-5	10
5-6	10	5-6	10	5-6	10
6-7	100	6-7	10	6-7	10
7-8	100	7-8	10	7-8	10
8-9	100	8-9	10	8-9	10
9-10	100	9-10	10	9-10	10
10-11	100	10-11	10	10-11	10
11-12	100	11-12	10	11-12	10
12-13	100	12-13	10	12-13	10
13-14	100	13-14	10	13-14	10
14-15	100	14-15	10	14-15	10
15-16	100	15-16	10	15-16	10
16-17	100	16-17	10	16-17	10
17-18	100	17-18	10	17-18	10
18-19	10	18-19	10	18-19	10
19-20	10	19-20	10	19-20	10
20-21	10	20-21	10	20-21	10
21-22	10	21-22	10	21-22	10
22-23	10	22-23	10	22-23	10
23-24	10	23-24	10	23-24	10

Tabela A.13. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da agência bancária.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sábados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0-1	20	0-1	20	0-1	20
1-2	20	1-2	20	1-2	20
2-3	20	2-3	20	2-3	20
3-4	20	3-4	20	3-4	20
4-5	20	4-5	20	4-5	20
5-6	20	5-6	20	5-6	20
6-7	20	6-7	20	6-7	20
7-8	20	7-8	20	7-8	20
8-9	90	8-9	20	8-9	20
9-10	100	9-10	20	9-10	20
10-11	100	10-11	20	10-11	20
11-12	95	11-12	20	11-12	20
12-13	90	12-13	20	12-13	20
13-14	95	13-14	20	13-14	20
14-15	95	14-15	20	14-15	20
15-16	100	15-16	20	15-16	20
16-17	100	16-17	20	16-17	20
17-18	65	17-18	20	17-18	20
18-19	20	18-19	20	18-19	20
19-20	20	19-20	20	19-20	20
20-21	20	20-21	20	20-21	20
21-22	20	21-22	20	21-22	20
22-23	20	22-23	20	22-23	20
23-24	20	23-24	20	23-24	20

Clínica

Figura A.7 Planta do piso 0 da clínica.

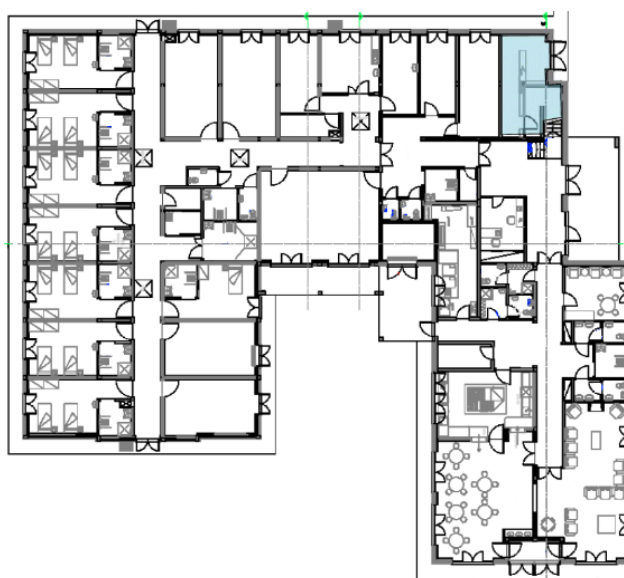


Figura A.8. Planta do piso 1 da clínica

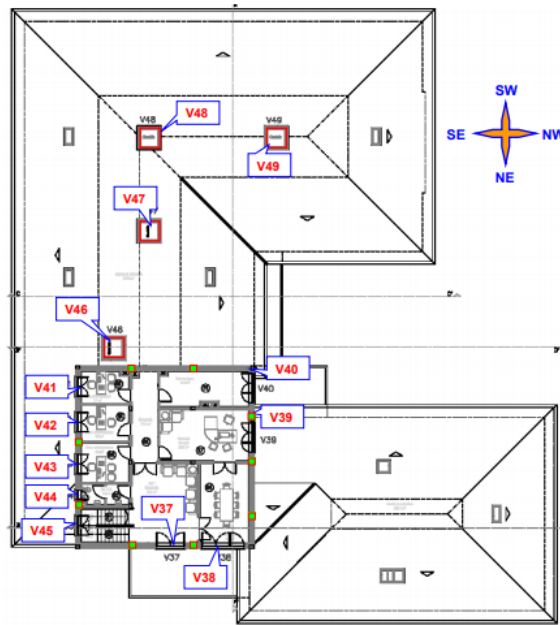


Figura A.9. Investimentos do projeto da clínica.

Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	2 269 606		2 886 420 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	497 566	-1	630 366 €
Espaços complementares (constr + equip):	40 760	-2	53 188 €
Terreno e infraestruturas:	500 000	-3	672 027 €
Sistemas de iluminação:	200 000	0	246 000 €
Sistemas de AVAC:	300 000	-1	380 070 €
Sistemas de água e esgotos:	100 000	0	123 000 €
Sistemas para preparação de AQS:	80 000	0	98 400 €
Sistemas de energia renovável - 1:	42 000	-1	53 210 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	160 000	0	196 800 €
Outros encargos (licenças, etc.):	50 000	-2	65 245 €
Outros encargos:	299 280	0	368 114 €

Tabela A.14. Perfil de ocupação da clínica.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	50	0 - 1	50	0 - 1	50
1 - 2	50	1 - 2	50	1 - 2	50
2 - 3	50	2 - 3	50	2 - 3	50
3 - 4	50	3 - 4	50	3 - 4	50
4 - 5	50	4 - 5	50	4 - 5	50
5 - 6	50	5 - 6	50	5 - 6	50
6 - 7	50	6 - 7	50	6 - 7	50
7 - 8	50	7 - 8	50	7 - 8	50
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	50
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	50	19 - 20	50	19 - 20	50
20 - 21	50	20 - 21	50	20 - 21	50
21 - 22	50	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	50	22 - 23	50	22 - 23	50
23 - 24	50	23 - 24	50	23 - 24	50

Tabela A.15. Perfil de iluminação da clínica.

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	10	0 - 1	10	0 - 1	10
1 - 2	10	1 - 2	10	1 - 2	10
2 - 3	10	2 - 3	10	2 - 3	10
3 - 4	10	3 - 4	10	3 - 4	10
4 - 5	10	4 - 5	10	4 - 5	10
5 - 6	10	5 - 6	10	5 - 6	10
6 - 7	10	6 - 7	10	6 - 7	10
7 - 8	100	7 - 8	100	7 - 8	100
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	50	17 - 18	50	17 - 18	50
18 - 19	45	18 - 19	45	18 - 19	45
19 - 20	45	19 - 20	45	19 - 20	45
20 - 21	10	20 - 21	10	20 - 21	10
21 - 22	10	21 - 22	10	21 - 22	10
22 - 23	10	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	10	23 - 24	10	23 - 24	10

Tabela A.16. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) da clínica.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Utilização		Utilização		Utilização	
Hora	(%)	Hora	(%)	Hora	(%)
0 - 1	35	0 - 1	35	0 - 1	35
1 - 2	35	1 - 2	35	1 - 2	35
2 - 3	35	2 - 3	35	2 - 3	35
3 - 4	35	3 - 4	35	3 - 4	35
4 - 5	35	4 - 5	35	4 - 5	35
5 - 6	35	5 - 6	35	5 - 6	35
6 - 7	35	6 - 7	35	6 - 7	35
7 - 8	50	7 - 8	50	7 - 8	50
8 - 9	100	8 - 9	100	8 - 9	100
9 - 10	100	9 - 10	100	9 - 10	100
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	100	17 - 18	100	17 - 18	100
18 - 19	50	18 - 19	50	18 - 19	50
19 - 20	35	19 - 20	35	19 - 20	35
20 - 21	35	20 - 21	35	20 - 21	35
21 - 22	35	21 - 22	35	21 - 22	35
22 - 23	35	22 - 23	35	22 - 23	35
23 - 24	35	23 - 24	35	23 - 24	35

Supermercado

Figura A.10. Vista exterior do supermercado.

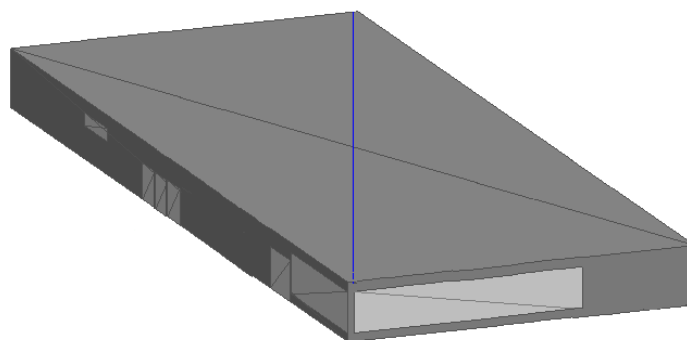


Figura A.11. Investimentos do projeto do supermercado.

Investimentos do projeto	Valor [€]	Valor atualizado para t = 0 [€]	
	(sem IVA)	ano	(com IVA)
Total =	960 686		996 953 €
Soluções construtivas (zona climatizada):	344 635	-1	354 975 €
Espaços complementares (constr + equip):	46 050	-2	48 854 €
Terreno e infraestruturas:	200 000	-3	218 545 €
Sistemas de iluminação:	100 000	0	100 000 €
Sistemas de AVAC:	100 000	-1	103 000 €
Sistemas de água e esgotos:	40 000	0	40 000 €
Sistemas para preparação de AQS:	8 000	0	8 000 €
Sistemas de energia renovável - 1:	12 000	-1	12 360 €
Sistemas de energia renovável - 2:	0	0	0 €
Acabamentos e pinturas:	80 000	0	80 000 €
Outros encargos (licenças, etc.):	20 000	-2	21 218 €
Outros encargos:	10 000	0	10 000 €

Tabela A.17. Perfil de ocupação do supermercado.

Perfil de ocupação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)	Hora	Utilização (%)
0 - 1	0	0 - 1	0	0 - 1	0
1 - 2	0	1 - 2	0	1 - 2	0
2 - 3	0	2 - 3	0	2 - 3	0
3 - 4	0	3 - 4	0	3 - 4	0
4 - 5	0	4 - 5	0	4 - 5	0
5 - 6	0	5 - 6	0	5 - 6	0
6 - 7	0	6 - 7	0	6 - 7	0
7 - 8	5	7 - 8	5	7 - 8	5
8 - 9	5	8 - 9	5	8 - 9	5
9 - 10	30	9 - 10	10	9 - 10	10
10 - 11	60	10 - 11	50	10 - 11	50
11 - 12	60	11 - 12	80	11 - 12	80
12 - 13	60	12 - 13	80	12 - 13	80
13 - 14	60	13 - 14	80	13 - 14	80
14 - 15	60	14 - 15	80	14 - 15	80
15 - 16	60	15 - 16	80	15 - 16	80
16 - 17	60	16 - 17	80	16 - 17	80
17 - 18	70	17 - 18	90	17 - 18	90
18 - 19	80	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	60	19 - 20	70	19 - 20	70
20 - 21	50	20 - 21	60	20 - 21	60
21 - 22	30	21 - 22	40	21 - 22	40
22 - 23	10	22 - 23	10	22 - 23	10
23 - 24	5	23 - 24	5	23 - 24	5

Tabela A.18. Perfil de iluminação do supermercado.

Perfil de iluminação					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Utilização		Utilização		Utilização	
Hora	(%)	Hora	(%)	Hora	(%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	20	1 - 2	20	1 - 2	20
2 - 3	20	2 - 3	20	2 - 3	20
3 - 4	20	3 - 4	20	3 - 4	20
4 - 5	20	4 - 5	20	4 - 5	20
5 - 6	20	5 - 6	20	5 - 6	20
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	60	7 - 8	60	7 - 8	60
8 - 9	60	8 - 9	60	8 - 9	60
9 - 10	60	9 - 10	60	9 - 10	60
10 - 11	100	10 - 11	100	10 - 11	100
11 - 12	100	11 - 12	100	11 - 12	100
12 - 13	100	12 - 13	100	12 - 13	100
13 - 14	100	13 - 14	100	13 - 14	100
14 - 15	100	14 - 15	100	14 - 15	100
15 - 16	100	15 - 16	100	15 - 16	100
16 - 17	100	16 - 17	100	16 - 17	100
17 - 18	100	17 - 18	100	17 - 18	100
18 - 19	100	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	100	19 - 20	100	19 - 20	100
20 - 21	100	20 - 21	100	20 - 21	100
21 - 22	100	21 - 22	100	21 - 22	100
22 - 23	60	22 - 23	60	22 - 23	60
23 - 24	60	23 - 24	60	23 - 24	60

Tabela A.19. Perfil de utilização de equipamentos (não incluindo os de AVAC) do supermercado.

Perfil de equipamentos (não incluindo os de AVAC)					
Para o edifício a funcionar a 100%					
2ª a 6ª feira		Sabados		Domingos	
Utilização		Utilização		Utilização	
Hora	(%)	Hora	(%)	Hora	(%)
0 - 1	20	0 - 1	20	0 - 1	20
1 - 2	20	1 - 2	20	1 - 2	20
2 - 3	20	2 - 3	20	2 - 3	20
3 - 4	20	3 - 4	20	3 - 4	20
4 - 5	20	4 - 5	20	4 - 5	20
5 - 6	20	5 - 6	20	5 - 6	20
6 - 7	20	6 - 7	20	6 - 7	20
7 - 8	20	7 - 8	20	7 - 8	20
8 - 9	20	8 - 9	20	8 - 9	20
9 - 10	20	9 - 10	20	9 - 10	20
10 - 11	40	10 - 11	50	10 - 11	50
11 - 12	70	11 - 12	80	11 - 12	80
12 - 13	70	12 - 13	80	12 - 13	80
13 - 14	70	13 - 14	80	13 - 14	80
14 - 15	70	14 - 15	80	14 - 15	80
15 - 16	70	15 - 16	80	15 - 16	80
16 - 17	70	16 - 17	80	16 - 17	80
17 - 18	80	17 - 18	90	17 - 18	90
18 - 19	90	18 - 19	100	18 - 19	100
19 - 20	70	19 - 20	80	19 - 20	80
20 - 21	60	20 - 21	70	20 - 21	70
21 - 22	40	21 - 22	50	21 - 22	50
22 - 23	20	22 - 23	20	22 - 23	20
23 - 24	20	23 - 24	20	23 - 24	20

ANEXO B

Apartamento

Nas tabelas B.1, B.2 e B.3 estão apresentados os resultados relativos ao consumo de energia do apartamento [em Mega-Watt-hora/ano], assim como a diferença do consumo para tipo de foco de aplicação e cenário futuro face ao edifício sem nada aplicado.

Tabela B.1. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	37.60	37.60	-	37.60	0.0%	26.04	-30.7%	26.04	-30.7%	26.04	-30.7%	22.73	-39.5%	22.73	-39.5%	22.73	-39.5%
B	22.77	22.77	-	22.77	0.0%	13.31	-41.5%	13.31	-41.5%	13.31	-41.5%	11.60	-49.0%	11.60	-49.0%	11.60	-49.0%
C	14.10	14.10	-	14.10	0.0%	6.90	-51.0%	6.90	-51.0%	6.90	-51.0%	6.19	-56.1%	6.19	-56.1%	6.19	-56.1%
T1	37.07	37.07	-	37.07	-	25.28	-31.8%	25.28	-31.8%	25.28	-31.8%	19.16	-48.3%	19.16	-48.3%	19.16	-48.3%
T3	29.90	29.90	-	29.90	-	18.57	-37.9%	18.57	-37.9%	18.57	-37.9%	13.38	-55.3%	13.38	-55.3%	13.38	-55.3%
T5	23.59	23.59	-	23.59	-	13.17	-44.2%	13.17	-44.2%	13.17	-44.2%	9.00	-61.8%	9.00	-61.8%	9.00	-61.8%

Tabela B.2. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	53.75	53.75	-	53.75	0.0%	47.69	-11.3%	47.69	-11.3%	47.69	-11.3%	43.67	-18.8%	43.67	-18.8%	43.67	-18.8%
B	38.54	38.54	-	38.54	0.0%	31.78	-17.5%	31.78	-17.5%	31.78	-17.5%	28.55	-25.9%	28.55	-25.9%	28.55	-25.9%
C	28.97	28.97	-	28.97	0.0%	22.36	-22.8%	22.36	-22.8%	22.36	-22.8%	19.48	-32.7%	19.48	-32.7%	19.48	-32.7%
T1	52.51	52.51	-	52.51	-	46.78	-10.9%	46.78	-10.9%	46.78	-10.9%	42.46	-19.1%	42.46	-19.1%	42.46	-19.1%
T3	44.71	44.71	-	44.71	-	39.18	-12.4%	39.18	-12.4%	39.18	-12.4%	35.06	-21.6%	35.06	-21.6%	35.06	-21.6%
T5	38.37	38.37	-	38.37	-	32.87	-14.3%	32.87	-14.3%	32.87	-14.3%	28.65	-25.3%	28.65	-25.3%	28.65	-25.3%

Tabela B.3. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	66.99	66.99	-	66.99	0.0%	54.69	-18.4%	54.69	-18.4%	54.69	-18.4%	47.74	-28.7%	47.74	-28.7%	47.74	-28.7%
B	51.59	51.59	-	51.59	0.0%	39.04	-24.3%	39.04	-24.3%	39.04	-24.3%	33.12	-35.8%	33.12	-35.8%	33.12	-35.8%
C	41.07	41.07	-	41.07	0.0%	29.51	-28.1%	29.51	-28.1%	29.51	-28.1%	24.17	-41.1%	24.17	-41.1%	24.16	-41.2%
T1	64.74	64.74	-	64.74	-	54.88	-15.2%	54.88	-15.2%	54.88	-15.2%	48.88	-24.5%	48.88	-24.5%	48.88	-24.5%
T3	56.24	56.24	-	56.24	-	47.17	-16.1%	47.17	-16.1%	47.17	-16.1%	41.41	-26.4%	41.41	-26.4%	41.41	-26.4%
T5	49.47	49.47	-	49.47	-	40.60	-17.9%	40.60	-17.9%	40.60	-17.9%	34.76	-29.7%	34.76	-29.7%	34.76	-29.7%

Nas tabelas B.4, B.5 e B.6 estão apresentados os resultados relativos às necessidades energéticas de aquecimento do apartamento [em Mega-Watt-hora/ano], assim como a diferença do consumo para tipo de foco de aplicação e cenário futuro face ao edifício sem nada aplicado.

Tabela B.4. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I1-V1	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	110.33	110.33	-	110.33	-	60.10	-45.5%	60.10	-45.5%	60.10	-45.5%	40.25	-63.5%	40.25	-63.5%	40.25	-63.5%
B	70.52	70.52	-	70.52	-	28.37	-59.8%	28.37	-59.8%	28.37	-59.8%	15.42	-78.1%	15.42	-78.1%	15.42	-78.1%
C	43.63	43.63	-	43.63	-	12.67	-71.0%	12.67	-71.0%	12.67	-71.0%	6.10	-86.0%	6.10	-86.0%	6.21	-85.8%
T1	136.97	136.97	-	136.97	-	90.84	-33.7%	90.84	-33.7%	90.84	-33.7%	65.44	-52.2%	65.44	-52.2%	65.44	-52.2%
T3	109.27	109.27	-	109.27	-	64.06	-41.4%	64.06	-41.4%	64.06	-41.4%	43.23	-60.4%	43.23	-60.4%	43.23	-60.4%
T5	84.14	84.14	-	84.14	-	42.45	-49.6%	42.45	-49.6%	42.45	-49.6%	25.79	-69.4%	25.79	-69.4%	25.79	-69.4%

Tabela B.5. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I2-V2	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	175,65	175,65	-	175,65	0,0%	139,56	-20,5%	139,56	-20,5%	139,56	-20,5%	104,24	-40,7%	104,24	-40,7%	104,24	-40,7%
B	133,55	133,55	-	133,55	0,0%	98,09	-26,6%	98,09	-26,6%	98,09	-26,6%	68,07	-49,0%	68,07	-49,0%	68,07	-49,0%
C	102,09	102,09	-	102,09	0,0%	69,22	-32,2%	69,22	-32,2%	69,22	-32,2%	43,62	-57,3%	43,62	-57,3%	43,62	-57,3%
T1	195,24	195,24	-	195,24	-	163,72	-16,1%	163,72	-16,1%	163,72	-16,1%	131,15	-32,8%	131,15	-32,8%	131,15	-32,8%
T3	167,54	167,54	-	167,54	-	138,86	-17,1%	138,86	-17,1%	138,86	-17,1%	109,82	-34,5%	109,82	-34,5%	109,82	-34,5%
T5	142,98	142,98	-	142,98	-	116,85	-18,3%	116,85	-18,3%	116,85	-18,3%	90,24	-36,9%	90,24	-36,9%	90,24	-36,9%

Tabela B.6. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I3-V3	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	225.36	225.36	-	225.36	0.0%	169.80	-24.7%	169.80	-24.7%	169.80	-24.7%	126.81	-43.7%	126.81	-43.7%	126.81	-43.7%
B	182.49	182.49	-	182.49	0.0%	127.81	-30.0%	127.81	-30.0%	127.81	-30.0%	90.11	-50.6%	90.11	-50.6%	90.11	-50.6%
C	148.17	148.17	-	148.17	0.0%	97.47	-34.2%	97.47	-34.2%	97.47	-34.2%	64.42	-56.5%	64.42	-56.5%	65.04	-56.1%
T1	238.53	238.53	-	238.53	-	193.99	-18.7%	193.99	-18.7%	193.99	-18.7%	157.64	-33.9%	157.64	-33.9%	157.64	-33.9%
T3	210.47	210.47	-	210.47	-	168.87	-19.8%	168.87	-19.8%	168.87	-19.8%	135.15	-35.8%	135.15	-35.8%	135.15	-35.8%
T5	186.07	186.07	-	186.07	-	146.15	-21.5%	146.15	-21.5%	146.15	-21.5%	114.36	-38.5%	114.36	-38.5%	114.36	-38.5%

Nas tabelas B.7, B.8 e B.9 estão apresentados os resultados relativos às necessidades energéticas de arrefecimento do apartamento [em Mega-Watt-hora/ano], assim como a diferença do consumo para tipo de foco de aplicação e cenário futuro face ao edifício sem nada aplicado.

Tabela B.7. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I1-V1	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	29.86	29.86	-	29.86	0.0%	33.85	13.4%	33.85	13.4%	33.85	13.4%	40.47	35.5%	40.47	35.5%	40.47	35.5%
B	10.32	10.32	-	10.32	0.0%	14.66	42.0%	14.66	42.0%	14.66	42.0%	20.77	101.2%	20.77	101.2%	20.77	101.2%
C	2.55	2.55	-	2.55	0.0%	4.72	84.9%	4.72	84.9%	4.72	84.9%	8.45	231.5%	8.45	231.5%	8.31	225.8%
T1	1.07	1.07	-	1.07	-	0.05	-95.0%	0.05	-95.0%	0.05	-95.0%	0.97	-9.8%	0.97	-9.8%	0.97	-9.8%
T3	0.12	0.12	-	0.12	-	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	0.06	-52.4%	0.06	-52.4%	0.06	-52.4%
T5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela B.8. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	29.12	29.12	-	29.12	-	40.98	40.7%	40.98	40.7%	40.98	40.7%	60.21	106.8%	60.21	106.8%	60.21	106.8%
B	10.37	10.37	-	10.37	-	18.82	81.6%	18.82	81.6%	18.82	81.6%	35.90	246.3%	35.90	246.3%	35.90	246.3%
C	3.55	3.55	-	3.55	-	9.99	181.3%	9.99	181.3%	9.99	181.3%	24.09	578.0%	24.09	578.0%	24.09	578.0%
T1	4.58	4.58	-	4.58	-	13.16	187.4%	13.16	187.4%	13.16	187.4%	28.48	522.1%	28.48	522.1%	28.48	522.1%
T3	1.06	1.06	-	1.06	-	7.63	617.7%	7.63	617.7%	7.63	617.7%	20.19	1798.8%	20.19	1798.8%	20.19	1798.8%
T5	0.28	0.28	-	0.28	-	4.41	1459.5%	4.41	1459.5%	4.41	1459.5%	14.12	4889.3%	14.12	4889.3%	14.12	4889.3%

Tabela B.9. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	32.37	32.37	-	32.37	-	38.72	19.6%	38.72	19.6%	38.72	19.6%	53.93	66.6%	53.93	66.6%	53.93	66.6%
B	13.66	13.66	-	13.66	-	18.12	32.7%	18.12	32.7%	18.12	32.7%	32.16	135.5%	32.16	135.5%	32.16	135.5%
C	5.87	5.87	-	5.87	-	10.34	76.0%	10.34	76.0%	10.34	76.0%	22.04	275.3%	22.04	275.3%	21.37	263.9%
T1	10.21	10.21	-	10.21	-	15.32	50.1%	15.32	50.1%	15.32	50.1%	27.67	171.0%	27.67	171.0%	27.67	171.0%
T3	4.25	4.25	-	4.25	-	9.58	125.5%	9.58	125.5%	9.58	125.5%	20.26	376.9%	20.26	376.9%	20.26	376.9%
T5	1.60	1.60	-	1.60	-	6.03	277.5%	6.03	277.5%	6.03	277.5%	14.47	805.8%	14.47	805.8%	14.47	805.8%

Moradia

Nas tabelas B.10, B.11 e B.12 estão apresentados os resultados relativos ao consumo de energia da moradia [em Mega-Watt-hora/ano], assim como a diferença do consumo para tipo de foco de aplicação e cenário futuro face ao edifício sem nada aplicado.

Tabela B.10. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	52.55	52.55	-	52.55	-	33.05	-37.1%	33.05	-37.1%	33.05	-37.1%	29.40	-44.0%	28.73	-45.3%	28.43	-45.9%
B	36.22	36.22	-	36.22	-	18.62	-48.6%	18.62	-48.6%	18.62	-48.6%	15.51	-57.2%	15.51	-57.2%	15.06	-58.4%
C	24.57	24.57	-	24.57	-	10.00	-59.3%	10.00	-59.3%	10.00	-59.3%	7.83	-68.1%	7.83	-68.1%	7.71	-68.6%
T1	58.21	58.21	-	58.21	-	38.81	-33.3%	38.81	-33.3%	38.81	-33.3%	30.91	-46.9%	30.91	-46.9%	30.91	-46.9%
T3	47.26	47.26	-	47.26	-	28.67	-39.3%	28.67	-39.3%	28.67	-39.3%	21.13	-55.3%	21.13	-55.3%	21.13	-55.3%
T5	37.71	37.71	-	37.71	-	20.58	-45.4%	20.58	-45.4%	20.58	-45.4%	14.31	-62.1%	14.31	-62.1%	14.31	-62.1%

Tabela B.11. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	81.60	81.60	-	81.60	-	71.32	-12.6%	71.32	-12.6%	71.32	-12.6%	65.65	-19.6%	65.65	-19.6%	65.65	-19.6%
B	64.19	64.19	-	64.19	-	53.61	-16.5%	53.61	-16.5%	53.61	-16.5%	48.44	-24.5%	48.44	-24.5%	48.44	-24.5%
C	49.89	49.89	-	49.89	-	39.58	-20.7%	39.58	-20.7%	39.58	-20.7%	35.50	-28.8%	35.50	-28.8%	35.50	-28.8%
T1	83.25	83.25	-	83.25	-	74.54	-10.5%	74.54	-10.5%	74.54	-10.5%	67.98	-18.3%	67.98	-18.3%	67.98	-18.3%
T3	71.43	71.43	-	71.43	-	62.69	-12.2%	62.69	-12.2%	62.69	-12.2%	56.52	-20.9%	56.52	-20.9%	56.52	-20.9%
T5	61.03	61.03	-	61.03	-	52.43	-14.1%	52.43	-14.1%	52.43	-14.1%	46.64	-23.6%	46.64	-23.6%	46.64	-23.6%

Tabela B.12. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	105.18	105.18	-	105.18	-	83.50	-20.6%	83.50	-20.6%	83.50	-20.6%	73.40	-30.2%	73.40	-30.2%	73.40	-30.2%
B	87.36	87.36	-	87.36	-	66.15	-24.3%	66.15	-24.3%	66.15	-24.3%	55.69	-36.3%	55.69	-36.3%	55.69	-36.3%
C	71.78	71.78	-	71.78	-	51.53	-28.2%	51.53	-28.2%	51.53	-28.2%	42.33	-41.0%	42.33	-41.0%	42.33	-41.0%
T1	102.70	102.70	-	102.70	-	86.82	-15.5%	86.82	-15.5%	86.82	-15.5%	77.32	-24.7%	77.32	-24.7%	77.32	-24.7%
T3	90.52	90.52	-	90.52	-	75.08	-17.1%	75.08	-17.1%	75.08	-17.1%	65.91	-27.2%	65.91	-27.2%	65.91	-27.2%
T5	79.52	79.52	-	79.52	-	64.65	-18.7%	64.65	-18.7%	64.65	-18.7%	55.84	-29.8%	55.84	-29.8%	55.84	-29.8%

Os resultados para as necessidades de aquecimento da moradia estão apresentados na tabela B.13, B.14 e B.15.

Tabela B.13. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	170.10	170.10	-	170.10	-	86.18	-49.3%	86.18	-49.3%	86.18	-49.3%	58.15	-65.8%	60.76	-64.3%	62.56	-63.2%
B	122.41	122.41	-	122.41	-	49.10	-59.9%	49.10	-59.9%	49.10	-59.9%	27.87	-77.2%	27.87	-77.2%	30.65	-75.0%
C	83.99	83.99	-	83.99	-	25.31	-69.9%	25.31	-69.9%	25.31	-69.9%	12.25	-85.4%	12.25	-85.4%	13.84	-83.5%
T1	216.97	216.97	-	216.97	-	142.26	-34.4%	142.26	-34.4%	142.26	-34.4%	106.56	-50.9%	106.56	-50.9%	106.56	-50.9%
T3	176.78	176.78	-	176.78	-	104.30	-41.0%	104.30	-41.0%	104.30	-41.0%	72.86	-58.8%	72.86	-58.8%	72.86	-58.8%
T5	140.15	140.15	-	140.15	-	72.28	-48.4%	72.28	-48.4%	72.28	-48.4%	46.93	-66.5%	46.93	-66.5%	46.93	-66.5%

Tabela B.14. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	277.21	277.21	-	277.21	-	215.13	-22.4%	215.13	-22.4%	215.13	-22.4%	160.22	-42.2%	160.22	-42.2%	160.22	-42.2%
B	225.09	225.09	-	225.09	-	164.79	-26.8%	164.79	-26.8%	164.79	-26.8%	116.15	-48.4%	116.15	-48.4%	116.15	-48.4%
C	178.75	178.75	-	178.75	-	121.84	-31.8%	121.84	-31.8%	121.84	-31.8%	80.87	-54.8%	80.87	-54.8%	80.87	-54.8%
T1	305.67	305.67	-	305.67	-	255.35	-16.5%	255.35	-16.5%	255.35	-16.5%	205.76	-32.7%	205.76	-32.7%	205.76	-32.7%
T3	266.11	266.11	-	266.11	-	217.98	-18.1%	217.98	-18.1%	217.98	-18.1%	173.08	-35.0%	173.08	-35.0%	173.08	-35.0%
T5	229.27	229.27	-	229.27	-	184.05	-19.7%	184.05	-19.7%	184.05	-19.7%	143.88	-37.2%	143.88	-37.2%	143.88	-37.2%

Análise energética e económica de soluções de soluções construtivas de edifícios face aos efeitos das alterações climáticas de um clima mediterrânico

Tabela B.15. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a moradia, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	361.07	361.07	-	361.07	-	267.31	-26.0%	267.31	-26.0%	267.31	-26.0%	85.36	-76.4%	85.36	-76.4%	85.36	-76.4%
B	306.75	306.75	-	306.75	-	215.11	-29.9%	215.11	-29.9%	215.11	-29.9%	61.00	-80.1%	61.00	-80.1%	61.00	-80.1%
C	256.41	256.41	-	256.41	-	168.38	-34.3%	168.38	-34.3%	168.38	-34.3%	46.63	-81.8%	46.63	-81.8%	46.63	-81.8%
T1	373.03	373.03	-	373.03	-	302.83	-18.8%	302.83	-18.8%	302.83	-18.8%	52.95	-85.8%	52.95	-85.8%	52.95	-85.8%
T3	333.29	333.29	-	333.29	-	265.15	-20.4%	265.15	-20.4%	265.15	-20.4%	41.18	-87.6%	41.18	-87.6%	41.18	-87.6%
T5	295.91	295.91	-	295.91	-	230.47	-22.1%	230.47	-22.1%	230.47	-22.1%	31.93	-89.2%	31.93	-89.2%	31.93	-89.2%

Nas tabelas B.16, B.17 e B.18 estão apresentados os resultados referentes às necessidades de arrefecimento da moradia.

Tabela B.16. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	30.05	30.05	-	30.05	-	35.96	19.7%	35.96	19.7%	35.96	19.7%	49.41	64.5%	44.13	46.9%	41.11	36.8%
B	12.41	12.41	-	12.41	-	15.35	23.6%	15.35	23.6%	15.35	23.6%	24.12	94.3%	24.12	94.3%	19.54	57.4%
C	4.26	4.26	-	4.26	-	4.64	8.9%	4.64	8.9%	4.64	8.9%	9.04	112.3%	9.04	112.3%	6.98	63.8%
T1	5.82	5.82	-	5.82	-	2.94	-49.4%	2.94	-49.4%	2.94	-49.4%	7.03	20.9%	7.03	20.9%	7.03	20.9%
T3	2.22	2.22	-	2.22	-	0.35	-84.5%	0.35	-84.5%	0.35	-84.5%	1.63	-26.5%	1.63	-26.5%	1.63	-26.5%
T5	0.64	0.64	-	0.64	-	0.01	-98.7%	0.01	-98.7%	0.01	-98.7%	0.26	-59.6%	0.26	-59.6%	0.26	-59.6%

Tabela B.17. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	39.16	39.16	-	39.16	0.0%	60.12	53.5%	60.12	53.5%	60.12	53.5%	92.33	135.8%	92.33	135.8%	92.33	135.8%
B	21.60	21.60	-	21.60	0.0%	39.60	83.3%	39.60	83.3%	39.60	83.3%	67.57	212.8%	67.57	212.8%	67.57	212.8%
C	10.76	10.76	-	10.76	0.0%	26.45	145.9%	26.45	145.9%	26.45	145.9%	51.09	375.1%	51.09	375.1%	51.09	375.1%
T1	17.31	17.31	-	17.31	-	32.77	89.3%	32.77	89.3%	32.77	89.3%	56.11	224.2%	56.11	224.2%	56.11	224.2%
T3	9.57	9.57	-	9.57	-	22.74	137.7%	22.74	137.7%	22.74	137.7%	42.96	349.0%	42.96	349.0%	42.96	349.0%
T5	4.80	4.80	-	4.80	-	15.64	225.9%	15.64	225.9%	15.64	225.9%	32.64	580.1%	32.64	580.1%	32.64	580.1%

Tabela B.18. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o apartamento, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	49,61	49,61	-	49,61	-	56,66	14,2%	56,66	14,2%	56,66	14,2%	198,21	299,5%	198,21	299,5%	198,21	299,5%
B	32,64	32,64	-	32,64	-	39,43	20,8%	39,43	20,8%	39,43	20,8%	151,70	364,7%	151,70	364,7%	151,70	364,7%
C	20,68	20,68	-	20,68	-	27,69	33,9%	27,69	33,9%	27,69	33,9%	112,66	444,8%	112,66	444,8%	112,66	444,8%
T1	27,71	27,71	-	27,71	-	34,40	24,1%	34,40	24,1%	34,40	24,1%	246,29	788,7%	246,29	788,7%	246,29	788,7%
T3	18,76	18,76	-	18,76	-	25,14	34,0%	25,14	34,0%	25,14	34,0%	212,42	1032,1%	212,42	1032,1%	212,42	1032,1%
T5	12,13	12,13	-	12,13	-	18,10	49,2%	18,10	49,2%	18,10	49,2%	181,40	1394,9%	181,40	1394,9%	181,40	1394,9%

Escola

Nas tabelas B.19, B.20 e B.21 estão apresentados os resultados referentes ao consumo energético da escola.

Tabela B.19. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	7.16	7.16	-	7.42	3.8%	1.90	-73.4%	1.98	-72.4%	1.98	-72.4%	1.11	-84.5%	1.14	-84.1%	1.14	-84.1%
B	3.69	3.69	-	3.85	4.2%	0.97	-73.8%	0.97	-73.8%	0.99	-73.2%	0.80	-78.3%	0.81	-78.2%	0.81	-78.2%
C	1.91	1.91	-	1.98	3.9%	0.79	-58.8%	0.79	-58.8%	0.79	-58.7%	0.77	-59.5%	0.77	-59.5%	0.77	-59.5%
T1	19.81	19.81	-	19.81	-	10.63	-46.4%	10.63	-46.4%	11.02	-44.4%	7.07	-64.3%	7.07	-64.3%	7.35	-62.9%
T3	14.81	14.81	-	14.81	-	6.84	-53.8%	6.84	-53.8%	7.13	-51.8%	4.20	-71.7%	4.20	-71.7%	4.38	-70.4%
T5	10.70	10.70	-	10.70	-	4.20	-60.7%	4.20	-60.7%	4.20	-60.7%	2.44	-77.1%	2.44	-77.1%	2.56	-76.1%

Tabela B.20. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	19.07	19.07	-	19.07	0.0%	11.53	-39.5%	11.53	-39.5%	11.53	-39.5%	7.29	-61.7%	7.29	-61.7%	7.59	-60.2%
B	12.96	12.96	-	12.96	0.0%	6.65	-48.7%	6.65	-48.7%	6.65	-48.7%	3.86	-70.2%	3.86	-70.2%	4.03	-68.9%
C	8.42	8.42	-	8.42	0.0%	3.55	-57.9%	3.55	-57.9%	3.71	-56.0%	1.97	-76.7%	1.97	-76.7%	2.05	-75.6%
T1	32.86	32.86	-	32.86	-	26.13	-20.5%	26.13	-20.5%	26.13	-20.5%	20.19	-38.6%	20.19	-38.6%	20.19	-38.6%
T3	27.47	27.47	-	27.47	-	21.13	-23.1%	21.13	-23.1%	21.13	-23.1%	15.97	-41.9%	15.97	-41.9%	15.97	-41.9%
T5	22.69	22.69	-	22.69	-	16.75	-26.2%	16.75	-26.2%	16.75	-26.2%	12.33	-45.7%	12.33	-45.7%	12.33	-45.7%

Tabela B.21 Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	31.51	31.51	-	31.51	0.0%	19.30	-38.8%	19.30	-38.8%	19.30	-38.8%	12.18	-61.3%	12.18	-61.3%	12.18	-61.3%
B	23.90	23.90	-	23.90	0.0%	12.77	-46.6%	12.77	-46.6%	12.77	-46.6%	7.34	-69.3%	7.34	-69.3%	7.36	-69.2%
C	17.56	17.56	-	17.56	0.0%	7.82	-55.5%	7.82	-55.5%	7.82	-55.5%	4.09	-76.7%	4.09	-76.7%	4.27	-75.7%
T1	44.37	44.37	-	44.37	-	34.31	-22.7%	34.31	-22.7%	34.31	-22.7%	26.64	-40.0%	26.64	-40.0%	26.64	-40.0%
T3	38.69	38.69	-	38.69	-	28.95	-25.2%	28.95	-25.2%	28.95	-25.2%	21.91	-43.4%	21.91	-43.4%	21.91	-43.4%
T5	33.51	33.51	-	33.51	-	24.10	-28.1%	24.10	-28.1%	24.10	-28.1%	17.67	-47.3%	17.67	-47.3%	17.67	-47.3%

Análise energética e económica de soluções de soluções construtivas de edifícios face aos efeitos das alterações climáticas de um clima mediterrânico

Nas tabelas B.22, B.23 e B.24 estão apresentados os resultados referentes à necessidade energética de aquecimento da escola.

Tabela B.22. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	12.76	12.76	-	13.30	4.2%	2.26	-82.3%	2.40	-81.2%	2.40	-81.2%	0.68	-94.7%	0.73	-94.2%	0.73	-94.2%
B	5.84	5.84	-	6.15	5.3%	0.39	-93.3%	0.39	-93.3%	0.43	-92.7%	0.06	-99.0%	0.06	-98.9%	0.06	-98.9%
C	2.27	2.27	-	2.42	6.5%	0.03	-98.8%	0.03	-98.8%	0.03	-98.6%	0.00	-100.0%	0.00	-100.0%	0.00	-100.0%
T1	38.08	38.08	-	38.08	-	19.70	-48.3%	19.70	-48.3%	20.50	-46.2%	12.60	-66.9%	12.60	-66.9%	13.16	-65.4%
T3	28.07	28.07	-	28.07	-	12.13	-56.8%	12.13	-56.8%	12.71	-54.7%	6.84	-75.6%	6.84	-75.6%	7.22	-74.3%
T5	19.85	19.85	-	19.85	-	6.86	-65.4%	6.86	-65.4%	6.86	-65.4%	3.34	-83.2%	3.34	-83.2%	3.57	-82.0%

Tabela B.23. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	36.59	36.59	-	36.59	0.0%	21.52	-41.2%	21.52	-41.2%	21.52	-41.2%	13.04	-64.4%	13.04	-64.4%	13.62	-62.8%
B	24.38	24.38	-	24.38	0.0%	11.75	-51.8%	11.75	-51.8%	11.75	-51.8%	6.17	-74.7%	6.17	-74.7%	6.52	-73.3%
C	15.30	15.30	-	15.30	0.0%	5.54	-63.8%	5.54	-63.8%	5.86	-61.7%	2.39	-84.4%	2.39	-84.4%	2.56	-83.3%
T1	64.17	64.17	-	64.17	-	50.71	-21.0%	50.71	-21.0%	50.71	-21.0%	38.83	-39.5%	38.83	-39.5%	38.83	-39.5%
T3	53.39	53.39	-	53.39	-	40.70	-23.8%	40.70	-23.8%	40.70	-23.8%	30.39	-43.1%	30.39	-43.1%	30.39	-43.1%
T5	43.83	43.83	-	43.83	-	31.95	-27.1%	31.95	-27.1%	31.95	-27.1%	23.11	-47.3%	23.11	-47.3%	23.11	-47.3%

Tabela B.24. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	61.48	61.48	-	61.48	-	37.04	-39.7%	37.04	-39.7%	37.04	-39.7%	22.82	-62.9%	22.82	-62.9%	22.82	-62.9%
B	46.26	46.26	-	46.26	-	24.00	-48.1%	24.00	-48.1%	24.00	-48.1%	13.13	-71.6%	13.13	-71.6%	13.17	-71.5%
C	33.57	33.57	-	33.57	-	14.08	-58.0%	14.08	-58.0%	14.08	-58.0%	6.64	-80.2%	6.64	-80.2%	6.99	-79.2%
T1	87.19	87.19	-	87.19	-	67.07	-23.1%	67.07	-23.1%	67.07	-23.1%	51.73	-40.7%	51.73	-40.7%	51.73	-40.7%
T3	75.83	75.83	-	75.83	-	56.36	-25.7%	56.36	-25.7%	56.36	-25.7%	42.27	-44.3%	42.27	-44.3%	42.27	-44.3%
T5	65.47	65.47	-	65.47	-	46.65	-28.8%	46.65	-28.8%	46.65	-28.8%	33.80	-48.4%	33.80	-48.4%	33.80	-48.4%

Nas tabelas B.25, B.26 e B.27 encontram-se os resultados referentes às necessidades energéticas de arrefecimento da escola.

Tabela B.25. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	15.76	15.76	-	14.45	-8.3%	26.29	66.8%	24.43	55.0%	24.43	55.0%	37.05	135.1%	34.98	122.0%	34.98	122.0%
B	7.38	7.38	-	6.60	-10.6%	14.18	92.1%	14.18	92.1%	12.72	72.3%	22.29	201.9%	20.50	177.7%	20.50	177.7%
C	3.03	3.03	-	2.63	-13.2%	6.35	110.0%	6.35	110.0%	5.38	77.8%	11.47	279.1%	11.47	279.1%	10.08	232.9%
T1	6.54	6.54	-	6.54	-	9.46	44.8%	9.46	44.8%	8.52	30.3%	14.84	127.0%	14.84	127.0%	13.64	108.7%
T3	2.75	2.75	-	2.75	-	4.11	49.4%	4.11	49.4%	3.53	28.0%	7.69	179.2%	7.69	179.2%	6.88	149.8%
T5	1.02	1.02	-	1.02	-	1.43	40.3%	1.43	40.3%	1.43	40.3%	3.58	250.8%	3.31	223.8%	3.08	201.6%

Tabela 0.50. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2				
-------------------	--	--	--	--	------------	--	--	--	--	------------	--	--	--	--

I2-V2	Sem Pala		CAE mínimo		CAE Q		Sem Pala		CAE mínimo		CAE Q		Sem Pala		CAE mínimo		CAE Q	
	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]	[kWhm ⁻² /ano]
A	16.17	16.17	-	16.17	-	24.13	49.3%	24.13	49.3%	24.13	49.3%	40.52	150.6%	40.52	150.6%	39.46	144.1%	
B	8.80	8.80	-	8.80	-	16.06	82.5%	16.06	82.5%	16.06	82.5%	30.18	243.0%	30.18	243.0%	29.48	235.1%	
C	4.33	4.33	-	4.33	-	10.53	143.5%	10.53	143.5%	10.21	135.9%	22.73	425.4%	22.73	425.4%	22.21	413.4%	
T1	9.96	9.96	-	9.96	-	16.22	62.9%	16.22	62.9%	16.22	62.9%	27.77	178.9%	27.77	178.9%	27.77	178.9%	
T3	5.47	5.47	-	5.47	-	11.15	103.9%	11.15	103.9%	11.15	103.9%	21.43	291.8%	21.43	291.8%	21.43	291.8%	
T5	2.71	2.71	-	2.71	-	7.49	176.0%	7.49	176.0%	7.49	176.0%	16.32	501.4%	16.32	501.4%	16.32	501.4%	

Tabela B.26. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a escola, na zona climática I1-V1.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	17.68	17.68	-	17.68	-	20.55	16.2%	20.55	16.2%	20.55	16.2%	33.74	90.8%	33.74	90.8%	33.74	90.8%
B	10.80	10.80	-	10.80	-	13.84	28.1%	13.84	28.1%	13.84	28.1%	25.07	132.1%	25.07	132.1%	25.01	131.6%
C	6.51	6.51	-	6.51	-	9.36	43.7%	9.36	43.7%	9.36	43.7%	18.72	187.4%	18.72	187.4%	18.30	180.9%
T1	12.49	12.49	-	12.49	-	14.87	19.0%	14.87	19.0%	14.87	19.0%	23.95	91.7%	23.95	91.7%	23.95	91.7%
T3	8.22	8.22	-	8.22	-	10.59	28.9%	10.59	28.9%	10.59	28.9%	18.41	124.0%	18.41	124.0%	18.41	124.0%
T5	5.21	5.21	-	5.21	-	7.46	43.1%	7.46	43.1%	7.46	43.1%	14.07	169.9%	14.07	169.9%	14.07	169.9%

Agência Bancária

Nas tabelas B.27, B.28 e B.29 estão apresentados os resultados relativos ao consumo energético.

Tabela B.27. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	36.37	36.37	-	36.15	-0.6%	33.22	-8.6%	33.22	-8.6%	32.69	-10.1%	46.43	27.7%	46.43	27.7%	45.70	25.7%
B	20.07	20.07	-	19.93	-0.7%	17.04	-15.1%	17.04	-15.1%	16.63	-17.1%	27.78	38.4%	27.78	38.4%	27.16	35.3%
C	11.23	11.23	-	11.13	-0.9%	8.20	-27.1%	8.20	-27.1%	7.97	-29.0%	14.43	28.5%	14.43	28.5%	14.05	25.0%
T1	55.65	55.65	-	55.65	-	31.64	-43.1%	31.64	-43.1%	31.64	-43.1%	30.71	-44.8%	30.71	-44.8%	30.71	-44.8%
T3	40.84	40.84	-	40.84	-	18.78	-54.0%	18.78	-54.0%	18.78	-54.0%	17.36	-57.5%	17.36	-57.5%	17.36	-57.5%
T5	29.36	29.36	-	29.36	-	11.72	-60.1%	11.72	-60.1%	11.72	-60.1%	9.19	-68.7%	9.19	-68.7%	9.19	-68.7%

Tabela B.28. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	69.87	69.87	-	69.87	-	75.49	8.1%	75.49	8.1%	75.49	8.1%	88.19	26.2%	88.19	26.2%	88.00	26.0%
B	50.74	50.74	-	50.74	-	56.54	11.4%	56.54	11.4%	56.54	11.4%	70.58	39.1%	70.58	39.1%	70.35	38.7%
C	35.57	35.57	-	35.57	-	41.55	16.8%	41.55	16.8%	41.34	16.2%	57.74	62.3%	57.74	62.3%	57.40	61.4%
T1	92.62	92.62	-	92.62	-	98.04	5.9%	98.04	5.9%	98.04	5.9%	101.69	9.8%	101.69	9.8%	101.69	9.8%
T3	77.36	77.36	-	77.36	-	82.36	6.5%	82.36	6.5%	82.36	6.5%	86.55	11.9%	86.55	11.9%	86.55	11.9%
T5	63.45	63.45	-	63.45	-	67.59	6.5%	67.59	6.5%	67.59	6.5%	72.44	14.2%	72.44	14.2%	72.44	14.2%

Tabela B.29. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	96.64	96.64	-	96.56	-0.08%	89.20	-7.7%	89.20	-7.7%	89.20	-7.7%	93.54	-3.2%	93.54	-3.2%	93.54	-3.2%
B	77.96	77.96	-	77.96	-	69.97	-10.2%	69.97	-10.2%	69.97	-10.2%	75.01	-3.8%	75.01	-3.8%	75.01	-3.8%
C	61.93	61.93	-	61.93	-	89.20	44.0%	89.20	44.0%	89.20	44.0%	60.11	-2.9%	60.11	-2.9%	59.93	-3.2%
T1	115.43	115.43	-	115.43	-	110.45	-4.3%	110.45	-4.3%	110.45	-4.3%	110.11	-4.6%	110.11	-4.6%	110.11	-4.6%
T3	102.09	102.09	-	102.09	-	96.15	-5.8%	96.15	-5.8%	96.15	-5.8%	95.55	-6.4%	95.55	-6.4%	95.55	-6.4%
T5	89.06	89.06	-	89.06	-	82.47	-7.4%	82.47	-7.4%	82.47	-7.4%	81.71	-8.3%	81.71	-8.3%	81.71	-8.3%

Os resultados da necessidade energética de aquecimento do edifício estão apresentados nas tabelas B.30, B.31, e B.32.

Tabela B.30. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	40.96	40.96	-	42.27	3.2%	6.15	-85.0%	6.15	-85.0%	6.59	-83.9%	1.59	-96.1%	1.59	-96.1%	1.76	-95.7%
B	19.06	19.06	-	19.81	3.9%	0.69	-96.4%	0.69	-96.4%	0.79	-95.9%	0.05	-99.8%	0.05	-99.8%	0.05	-99.7%
C	7.62	7.62	-	8.00	5.0%	0.02	-99.7%	0.02	-99.7%	0.03	-99.6%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%
T1	156.40	156.40	-	156.40	-	86.64	-44.6%	86.64	-44.6%	86.64	-44.6%	56.05	-64.2%	56.05	-64.2%	56.05	-64.2%
T3	117.93	117.93	-	117.93	-	53.67	-54.5%	53.67	-54.5%	53.67	-54.5%	29.93	-74.6%	29.93	-74.6%	29.93	-74.6%
T5	85.56	85.56	-	85.56	-	30.41	-64.5%	30.41	-64.5%	30.41	-64.5%	13.90	-83.7%	13.90	-83.7%	13.90	-83.7%

Tabela B.31. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	125.61	125.61	-	125.61	0.0%	86.85	-30.9%	86.85	-30.9%	86.85	-30.9%	52.05	-58.6%	52.05	-58.6%	53.47	-57.4%
B	86.40	86.40	-	86.40	0.0%	49.31	-42.9%	49.31	-42.9%	49.31	-42.9%	24.50	-71.6%	24.50	-71.6%	25.45	-70.5%
C	55.78	55.78	-	55.78	0.0%	22.67	-59.4%	22.67	-59.4%	23.64	-57.6%	8.81	-84.2%	8.81	-84.2%	9.28	-83.4%
T1	234.40	234.40	-	234.40	-	211.28	-9.9%	211.28	-9.9%	211.28	-9.9%	166.51	-29.0%	166.51	-29.0%	166.51	-29.0%
T3	200.98	200.98	-	200.98	-	175.55	-12.7%	175.55	-12.7%	175.55	-12.7%	133.67	-33.5%	133.67	-33.5%	133.67	-33.5%
T5	169.13	169.13	-	169.13	-	141.10	-16.6%	141.10	-16.6%	141.10	-16.6%	103.34	-38.9%	103.34	-38.9%	103.34	-38.9%

Tabela B.32. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	198,02	198,02	-	198,80	0,4%	144,53	-27,0%	144,53	-27,0%	144,53	-27,0%	94,08	-52,5%	94,08	-52,5%	94,08	-52,5%
B	156,49	156,49	-	156,49	-	101,19	-35,3%	101,19	-35,3%	101,19	-35,3%	57,71	-63,1%	57,71	-63,1%	57,71	-63,1%
C	119,73	119,73	-	119,73	-	144,53	20,7%	144,53	20,7%	144,53	20,7%	30,02	-74,9%	30,02	-74,9%	30,97	-74,1%
T1	282,91	282,91	-	282,91	-	256,82	-9,2%	256,82	-9,2%	256,82	-9,2%	209,73	-25,9%	209,73	-25,9%	209,73	-25,9%
T3	255,58	255,58	-	255,58	-	223,52	-12,5%	223,52	-12,5%	223,52	-12,5%	177,05	-30,7%	177,05	-30,7%	177,05	-30,7%
T5	227,55	227,55	-	227,55	-	190,54	-16,3%	190,54	-16,3%	190,54	-16,3%	145,06	-36,3%	145,06	-36,3%	145,06	-36,3%

Os resultados da necessidade energética de arrefecimento do edifício estão apresentados nas tabelas B.33, B.34, e B.35.

Tabela B.33. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I1-V1	Sem Pala [MWh/a no]	CAE mínimo [MWh/a no]	dif [%]	CAE Q [MWh/a no]	dif [%]	Sem Pala [MWh/a no]	dif [%]	CAE mínimo [MWh/a no]	dif [%]	CAE Q [MWh/a no]	dif [%]	Sem Pala [MWh/a no]	dif [%]	CAE mínimo [MWh/a no]	dif [%]	CAE Q [MWh/a no]	dif [%]
A	66.21	66.21	-	64.58	-2.5%	82.89	25.2%	82.89	25.2%	80.95	22.3%	125.92	90.2%	125.92	90.2%	123.61	86.7%
B	33.76	33.76	-	32.75	-3.0%	38.45	13.9%	38.45	13.9%	37.14	10.0%	71.13	110.7%	71.13	110.7%	69.27	105.2%
C	15.82	15.82	-	15.23	-3.7%	12.40	-21.6%	12.40	-21.6%	11.72	-25.9%	31.13	96.8%	31.13	96.8%	29.97	89.5%
T1	37.47	37.47	-	37.47	-	17.78	-52.5%	17.78	-52.5%	17.78	-52.5%	37.93	1.2%	37.93	1.2%	37.93	1.2%
T3	21.90	21.90	-	21.90	-	3.91	-82.2%	3.91	-82.2%	3.91	-82.2%	17.46	-20.3%	17.46	-20.3%	17.46	-20.3%
T5	11.73	11.73	-	11.73	-	0.18	-98.5%	0.18	-98.5%	0.18	-98.5%	4.97	-57.7%	4.97	-57.7%	4.97	-57.7%

Tabela B.34. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I2-V2	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	103.22	103.22	-	103.22	-	149.17	44.5%	149.17	44.5%	149.17	44.5%	213.35	106.7%	213.35	106.7%	211.71	105.1%
B	75.24	75.24	-	75.24	-	120.49	60.1%	120.49	60.1%	120.49	60.1%	181.20	140.8%	181.20	140.8%	179.79	138.9%
C	52.71	52.71	-	52.71	-	95.47	81.1%	95.47	81.1%	94.11	78.6%	154.44	193.0%	154.44	193.0%	153.08	190.4%
T1	89.89	89.89	-	89.89	-	123.49	37.4%	123.49	37.4%	123.49	37.4%	168.01	86.9%	168.01	86.9%	168.01	86.9%
T3	69.16	69.16	-	69.16	-	103.25	49.3%	103.25	49.3%	103.25	49.3%	147.23	112.9%	147.23	112.9%	147.23	112.9%
T5	51.34	51.34	-	51.34	-	84.79	65.2%	84.79	65.2%	84.79	65.2%	127.66	148.7%	127.66	148.7%	127.66	148.7%

Tabela B.35. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I3-V3	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	129.24	129.24	-	128.42	-0.6%	147.03	13.8%	147.03	13.8%	147.03	13.8%	197.89	53.1%	197.89	53.1%	197.89	53.1%
B	104.34	104.34	-	104.34	-	121.86	16.8%	121.86	16.8%	121.86	16.8%	169.57	62.5%	169.57	62.5%	169.57	62.5%
C	83.82	83.82	-	83.82	-	147.03	75.4%	147.03	75.4%	147.03	75.4%	145.66	73.8%	145.66	73.8%	144.39	72.3%
T1	121.93	121.93	-	121.93	-	126.57	3.8%	126.57	3.8%	126.57	3.8%	160.86	31.9%	160.86	31.9%	160.86	31.9%
T3	102.41	102.41	-	102.41	-	108.66	6.1%	108.66	6.1%	108.66	6.1%	141.69	38.4%	141.69	38.4%	141.69	38.4%
T5	84.36	84.36	-	84.36	-	92.35	9.5%	92.35	9.5%	92.35	9.5%	124.17	47.2%	124.17	47.2%	124.17	47.2%

Clínica

Nas tabelas B.36, B.37 e B.38 estão apresentados os resultados relativos ao consumo energético.

Tabela B.36. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I1-V1	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	89.41	89.41	-	88.27	-1.3%	82.42	-7.8%	81.49	-8.9%	81.09	-9.3%	88.56	-0.9%	87.60	-2.0%	87.19	-2.5%
B	54.32	54.32	-	53.75	-1.0%	46.10	-15.1%	46.10	-15.1%	45.00	-17.1%	53.42	-1.6%	52.23	-3.8%	52.10	-4.1%
C	34.00	34.00	-	33.91	-0.3%	26.88	-20.9%	26.88	-20.9%	26.34	-22.5%	32.40	-4.7%	32.40	-4.7%	31.47	-7.4%
T1	68.20	68.20	-	68.20	-	46.62	-31.6%	46.62	-31.6%	46.62	-31.6%	42.20	-38.1%	42.20	-38.1%	42.20	-38.1%

Análise energética e económica de soluções de soluções construtivas de edifícios face aos efeitos das alterações climáticas de um clima mediterrânico

T3	53.80	53.80	-	53.80	-	34.33	-36.2%	34.33	-36.2%	34.33	-36.2%	30.09	-44.1%	30.09	-44.1%	30.09	-44.1%
T5	43.20	43.20	-	43.20	-	27.30	-36.8%	27.30	-36.8%	27.30	-36.8%	22.96	-46.9%	22.96	-46.9%	22.96	-46.9%

Tabela B.37. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	108.91	108.91	-	108.35	-0.5%	106.78	-2.0%	106.78	-2.0%	105.97	-2.7%	114.83	5.4%	114.83	5.4%	113.67	4.4%
B	78.31	78.31	-	78.14	-0.2%	76.21	-2.7%	76.21	-2.7%	75.97	-3.0%	83.93	7.2%	83.93	7.2%	83.38	6.5%
C	56.96	56.96	-	56.96	-	55.84	-2.0%	55.84	-2.0%	55.84	-2.0%	63.71	11.8%	63.71	11.8%	63.48	11.4%
T1	101.42	101.42	-	101.42	-	96.59	-4.8%	96.59	-4.8%	96.59	-4.8%	96.86	-4.5%	96.86	-4.5%	96.86	-4.5%
T3	84.68	84.68	-	84.68	-	80.52	-4.9%	80.52	-4.9%	80.52	-4.9%	81.19	-4.1%	81.19	-4.1%	81.19	-4.1%
T5	71.42	71.42	-	71.42	-	67.39	-5.6%	67.39	-5.6%	67.39	-5.6%	67.73	-5.2%	67.73	-5.2%	67.73	-5.2%

Tabela B.38. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I3-V3.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	128.82	128.82	-	128.82	-	111.41	-13.5%	111.41	-13.5%	110.94	-13.9%	112.92	-12.3%	112.92	-12.3%	112.14	-12.9%
B	98.88	98.88	-	98.88	-	82.88	-16.2%	82.88	-16.2%	82.88	-16.2%	85.03	-14.0%	85.03	-14.0%	84.69	-14.3%
C	76.08	76.08	-	76.08	-	63.49	-16.5%	63.49	-16.5%	63.49	-16.5%	66.28	-12.9%	66.28	-12.9%	66.15	-13.0%
T1	125.61	125.61	-	125.61	-	110.60	-12.0%	110.60	-12.0%	110.60	-12.0%	106.54	-15.2%	106.54	-15.2%	106.54	-15.2%
T3	108.46	108.46	-	108.46	-	94.86	-12.5%	94.86	-12.5%	94.86	-12.5%	90.73	-16.3%	90.73	-16.3%	90.73	-16.3%
T5	94.18	94.18	-	94.18	-	81.44	-13.5%	81.44	-13.5%	81.44	-13.5%	77.09	-18.1%	77.09	-18.1%	77.09	-18.1%

Nas tabelas B.39, B.40 e B.41 estão apresentados os resultados da necessidade de aquecimento da clínica.

Tabela B.39. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	117.45	117.45	-	118.22	0.7%	60.11	-48.8%	60.51	-48.5%	60.63	-48.4%	40.18	-65.8%	40.50	-65.5%	40.60	-65.4%
B	70.71	70.71	-	71.69	1.4%	22.18	-68.6%	22.18	-68.6%	22.68	-67.9%	9.85	-86.1%	10.11	-85.7%	10.13	-85.7%
C	38.02	38.02	-	39.01	2.6%	5.86	-84.6%	5.86	-84.6%	6.19	-83.7%	1.21	-96.8%	1.21	-96.8%	1.34	-96.5%
T1	168.88	168.88	-	168.88	-	96.97	-42.6%	96.97	-42.6%	96.97	-42.6%	65.06	-61.5%	65.06	-61.5%	65.06	-61.5%
T3	128.18	128.18	-	128.18	-	62.98	-50.9%	62.98	-50.9%	62.98	-50.9%	38.57	-69.9%	38.57	-69.9%	38.57	-69.9%
T5	94.40	94.40	-	94.40	-	38.75	-58.9%	38.75	-58.9%	38.75	-58.9%	20.33	-78.5%	20.33	-78.5%	20.33	-78.5%

Tabela B.40. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	193.97	193.97	-	195.82	1.0%	145.20	-25.1%	145.20	-25.1%	146.51	-24.5%	104.68	-46.0%	104.68	-46.0%	105.60	-45.6%
B	143.62	143.62	-	145.39	1.2%	98.90	-31.1%	98.90	-31.1%	100.38	-30.1%	65.58	-54.3%	65.58	-54.3%	66.70	-53.6%
C	103.95	103.95	-	103.95	-	64.95	-37.5%	64.95	-37.5%	64.95	-37.5%	37.72	-63.7%	37.72	-63.7%	38.90	-62.6%
T1	266.83	266.83	-	266.83	-	218.26	-18.2%	218.26	-18.2%	218.26	-18.2%	170.54	-36.1%	170.54	-36.1%	170.54	-36.1%
T3	223.88	223.88	-	223.88	-	179.89	-19.7%	179.89	-19.7%	179.89	-19.7%	137.98	-38.4%	137.98	-38.4%	137.98	-38.4%
T5	186.86	186.86	-	186.86	-	146.60	-21.5%	146.60	-21.5%	146.60	-21.5%	109.13	-41.6%	109.13	-41.6%	109.13	-41.6%

Tabela B.41. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento em função dos set-points, e com respectiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a agência bancária, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I3-V3	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	259.07	259.07	-	259.07	0.0%	174.54	-32.6%	174.54	-32.6%	176.35	-31.9%	123.97	-52.1%	123.97	-52.1%	125.24	-51.7%
B	202.74	202.74	-	202.74	0.0%	126.81	-37.5%	126.81	-37.5%	126.81	-37.5%	84.89	-58.1%	84.89	-58.1%	86.24	-57.5%
C	156.01	156.01	-	156.01	0.0%	91.18	-41.6%	91.18	-41.6%	91.18	-41.6%	56.55	-63.8%	56.55	-63.8%	57.88	-62.9%
T1	336.80	336.80	-	336.80	-	265.05	-21.3%	265.05	-21.3%	265.05	-21.3%	210.68	-37.4%	210.68	-37.4%	210.68	-37.4%
T3	293.38	293.38	-	293.38	-	226.32	-22.9%	226.32	-22.9%	226.32	-22.9%	175.95	-40.0%	175.95	-40.0%	175.95	-40.0%
T5	254.97	254.97	-	254.97	-	191.48	-24.9%	191.48	-24.9%	191.48	-24.9%	144.63	-43.3%	144.63	-43.3%	144.63	-43.3%

Nas tabelas B.42, B.43 e B.44 estão apresentados os resultados face às necessidades de arrefecimento da clínica.

Tabela B.42. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respectiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I1-V1	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	113.68	113.68	-	109.94	-3.3%	137.27	20.8%	134.38	18.2%	133.18	17.2%	169.28	48.9%	166.38	46.4%	165.16	45.3%
B	51.18	51.18	-	48.88	-4.5%	64.73	26.5%	64.73	26.5%	61.31	19.8%	94.34	84.3%	90.84	77.5%	90.44	76.7%
C	19.22	19.22	-	18.21	-5.2%	23.54	22.5%	23.54	22.5%	21.79	13.4%	42.36	120.4%	42.36	120.4%	39.70	106.6%
T1	16.15	16.15	-	16.15	-	10.10	-37.5%	10.10	-37.5%	10.10	-37.5%	21.73	34.6%	21.73	34.6%	21.73	34.6%
T3	6.63	6.63	-	6.63	-	1.41	-78.7%	1.41	-78.7%	1.41	-78.7%	7.92	19.4%	7.92	19.4%	7.92	19.4%
T5	2.51	2.51	-	2.51	-	0.04	-98.4%	0.04	-98.4%	0.04	-98.4%	1.78	-29.3%	1.78	-29.3%	1.78	-29.3%

Tabela B.43. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respectiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I2-V2.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I2-V2	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	110.52	110.52	-	107.56	-2.7%	141.15	27.7%	141.15	27.7%	137.93	24.8%	193.94	75.5%	193.94	75.5%	190.01	71.9%
B	63.20	63.20	-	61.40	-2.9%	90.91	43.8%	90.91	43.8%	89.13	41.0%	137.36	117.3%	137.36	117.3%	134.97	113.6%
C	33.61	33.61	-	33.61	-	59.74	77.7%	59.74	77.7%	59.74	77.7%	102.04	203.6%	102.04	203.6%	100.51	199.1%
T1	35.05	35.05	-	35.05	-	58.04	65.6%	58.04	65.6%	58.04	65.6%	94.59	169.9%	94.59	169.9%	94.59	169.9%
T3	20.71	20.71	-	20.71	-	42.14	103.5%	42.14	103.5%	42.14	103.5%	75.44	264.2%	75.44	264.2%	75.44	264.2%
T5	11.61	11.61	-	11.61	-	30.61	163.6%	30.61	163.6%	30.61	163.6%	59.67	413.9%	59.67	413.9%	59.67	413.9%

Tabela B.44. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento em função dos set-points, e com respectiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para a clínica, na zona climática I3-V3.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I3-V3	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	117.02	117.02	-	117.02	0.0%	132.02	12.8%	132.02	12.8%	129.36	10.5%	174.17	48.8%	174.17	48.8%	171.04	46.2%
B	76.05	76.05	-	76.05	0.0%	88.52	16.4%	88.52	16.4%	88.52	16.4%	125.94	65.6%	125.94	65.6%	123.98	63.0%
C	47.70	47.70	-	47.70	0.0%	61.33	28.6%	61.33	28.6%	61.33	28.6%	95.05	99.3%	95.05	99.3%	93.70	96.4%
T1	49.82	49.82	-	49.82	-	61.89	24.2%	61.89	24.2%	61.89	24.2%	91.40	83.5%	91.40	83.5%	91.40	83.5%
T3	34.71	34.71	-	34.71	-	47.18	35.9%	47.18	35.9%	47.18	35.9%	73.49	111.7%	73.49	111.7%	73.49	111.7%
T5	23.80	23.80	-	23.80	-	36.02	51.4%	36.02	51.4%	36.02	51.4%	59.06	148.1%	59.06	148.1%	59.06	148.1%

Supermercado

Nas tabelas B.45, B.46 e B.47 estão apresentados os resultados referentes ao consumo energético do edifício.

Tabela B.45. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
Sem Pala [kWh m ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]
A	69.37	68.51	-1.2%	68.41	-1.4%	83.58	20.5%	82.61	19.1%	82.50	18.9%	96.14	38.6%	95.17	37.2%	95.06	37.0%
B	51.16	50.36	-1.6%	50.27	-1.7%	63.22	23.6%	62.27	21.7%	62.16	21.5%	75.14	46.9%	74.17	45.0%	74.06	44.8%
C	36.51	35.92	-1.6%	35.76	-2.1%	44.67	22.3%	43.78	19.9%	43.69	19.7%	55.31	51.5%	54.36	48.9%	54.26	48.6%
T1	45.36	45.36	-	45.36	-	35.59	-21.6%	35.59	-21.6%	34.78	-23.3%	41.59	-8.3%	41.59	-8.3%	41.09	-9.4%
T3	35.51	35.51	-	35.51	-	26.87	-24.3%	26.87	-24.3%	26.30	-25.9%	31.71	-10.7%	31.71	-10.7%	31.32	-11.8%
T5	28.30	28.30	-	28.30	-	21.04	-25.6%	21.04	-25.6%	20.69	-26.9%	24.70	-12.7%	24.70	-12.7%	24.42	-13.7%

Tabela B.46. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I2-V2.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I2-V2	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	67.22	66.56	-1.0%	66.47	-1.1%	79.02	17.6%	78.10	16.2%	77.98	16.0%	99.86	48.6%	98.84	47.1%	98.71	46.9%
B	51.95	51.42	-1.0%	51.35	-1.2%	62.79	20.9%	62.01	19.4%	62.01	19.4%	81.82	57.5%	80.94	55.8%	80.82	55.6%
C	41.17	40.83	-0.8%	40.71	-1.1%	51.52	25.2%	51.01	23.9%	51.01	23.9%	67.81	64.7%	67.18	63.2%	67.10	63.0%
T1	68.01	68.01	-	68.01	-	70.78	4.1%	70.78	4.1%	70.78	4.1%	77.72	14.3%	77.72	14.3%	77.72	14.3%
T3	57.25	57.25	-	57.25	-	60.27	5.3%	60.27	5.3%	60.27	5.3%	67.20	17.4%	67.20	17.4%	67.20	17.4%
T5	48.08	48.08	-	48.08	-	51.08	6.2%	51.08	6.2%	51.08	6.2%	58.10	20.8%	58.10	20.8%	58.10	20.8%

Tabela B.47. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo do consumo energético do sistema AVAC do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I2-V2.

Cenário Histórico						Cenário B1						Cenário A2					
I3-V3	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	73.37	73.37	-	73.02	-0.5%	73.71	0.5%	73.11	-0.4%	73.04	-0.5%	90.42	23.2%	89.58	22.1%	89.47	21.9%
B	57.89	57.89	-	57.57	-0.6%	60.18	4.0%	59.79	3.3%	59.66	3.1%	74.92	29.4%	74.26	28.3%	74.18	28.1%
C	46.82	46.82	-	46.53	-0.6%	50.35	7.6%	50.35	7.6%	50.00	6.8%	63.41	35.4%	63.02	34.6%	62.88	34.3%
T1	84.42	84.42	-	84.42	-	79.43	-5.9%	79.43	-5.9%	79.43	-5.9%	81.86	-3.0%	81.86	-3.0%	81.86	-3.0%
T3	73.60	73.60	-	73.60	-	68.87	-6.4%	68.87	-6.4%	68.87	-6.4%	71.22	-3.2%	71.22	-3.2%	71.22	-3.2%
T5	64.05	64.05	-	64.05	-	59.47	-7.2%	59.47	-7.2%	59.47	-7.2%	61.75	-3.6%	61.75	-3.6%	61.75	-3.6%

Nas tabelas B.48, B.49 e B.50 estão apresentados os resultados referentes às necessidades energéticas de aquecimento do supermercado.

Tabela B.48. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	1.54	1.61	4.4%	1.61	4.9%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%
B	0.17	0.18	9.0%	0.18	10.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%
C	0.00	0.00	5.9%	0.00	6.9%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%	-	-100.0%
T1	62.83	62.83	-	62.83	-	53.65	-14.6%	53.65	-14.6%	53.65	-14.6%	15.73	-75.0%	15.73	-75.0%	16.28	-74.1%
T3	43.98	43.98	-	43.98	-	30.75	-30.1%	30.75	-30.1%	30.75	-30.1%	8.05	-81.7%	8.05	-81.7%	8.39	-80.9%
T5	29.67	29.67	-	29.67	-	16.76	-43.5%	16.76	-43.5%	16.76	-43.5%	3.75	-87.4%	3.75	-87.4%	3.96	-86.7%

Tabela B.49. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	13.27	13.78	3.9%	13.85	4.4%	3.45	-74.0%	3.63	-72.6%	3.66	-72.4%	1.05	-92.1%	1.13	-91.5%	1.14	-91.4%
B	5.10	5.36	5.1%	5.40	5.8%	0.64	-87.5%	0.69	-86.4%	0.70	-86.2%	0.11	-97.8%	0.12	-97.6%	0.12	-97.6%
C	1.73	1.82	5.1%	1.85	7.0%	0.11	-93.4%	0.12	-93.1%	0.12	-93.0%	0.01	-99.2%	0.02	-99.1%	0.02	-99.1%
T1	123.34	123.34	-	123.34	-	96.24	-22.0%	96.24	-22.0%	96.24	-22.0%	72.14	-41.5%	72.14	-41.5%	72.14	-41.5%
T3	100.67	100.67	-	100.67	-	75.19	-25.3%	75.19	-25.3%	75.19	-25.3%	54.41	-46.0%	54.41	-46.0%	54.41	-46.0%
T5	80.95	80.95	-	80.95	-	56.88	-29.7%	56.88	-29.7%	56.88	-29.7%	39.41	-51.3%	39.41	-51.3%	39.41	-51.3%

Tabela B.50. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	38.07	38.07	-	39.28	3.2%	9.68	-74.6%	10.14	-73.4%	10.21	-73.2%	3.50	-90.8%	3.68	-90.3%	3.71	-90.3%
B	19.95	19.95	-	20.70	3.8%	3.11	-84.4%	3.26	-83.7%	3.31	-83.4%	0.87	-95.6%	0.94	-95.3%	0.95	-95.3%
C	9.75	9.75	-	10.17	4.2%	0.86	-91.2%	0.86	-91.2%	0.93	-90.4%	0.07	-99.2%	0.09	-99.1%	0.09	-99.1%
T1	171.39	171.39	-	171.39	-	131.74	-23.1%	131.74	-23.1%	131.74	-23.1%	99.47	-42.0%	99.47	-42.0%	99.47	-42.0%
T3	147.52	147.52	-	147.52	-	109.06	-26.1%	109.06	-26.1%	109.06	-26.1%	79.42	-46.2%	79.42	-46.2%	79.42	-46.2%
T5	126.00	126.00	-	126.00	-	88.48	-29.8%	88.48	-29.8%	88.48	-29.8%	61.45	-51.2%	61.45	-51.2%	61.45	-51.2%

Nas tabelas B.51, B.52 e B.53 estão apresentados os resultados da energia necessária para o supermercado.

Tabela B.51. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de arrefecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I1-V1	Cenário Histórico					Cenário B1					Cenário A2						
	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWh/m ² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWh/m ² /ano]	dif [%]
A	168,22	165,48	-1,6%	165,17	-1,8%	213,48	26,9%	210,47	25,1%	210,13	24,9%	252,49	50,1%	249,48	48,3%	249,14	48,1%
B	112,69	110,19	-2,2%	109,92	-2,5%	150,27	33,3%	147,32	30,7%	146,99	30,4%	187,30	66,2%	184,28	63,5%	183,94	63,2%
C	67,35	65,50	-2,7%	65,02	-3,5%	92,68	37,6%	89,93	33,5%	89,63	33,1%	125,71	86,7%	122,77	82,3%	122,45	81,8%
T1	47,71	47,71	-	47,71	-	24,23	-49,2%	24,23	-49,2%	21,74	-54,4%	71,33	49,5%	71,33	49,5%	69,35	45,4%
T3	31,27	31,27	-	31,27	-	14,35	-54,1%	14,35	-54,1%	12,58	-59,8%	46,39	48,4%	46,39	48,4%	44,93	43,7%
T5	19,59	19,59	-	19,59	-	6,75	-65,5%	6,75	-65,5%	5,65	-71,1%	27,86	42,2%	27,86	42,2%	26,85	37,0%

Tabela B.52. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I2-V2	Cenário Histórico					Cenário B1						Cenário A2					
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	152.74	150.30	-1.6%	149.97	-1.8%	196.75	28.8%	193.74	26.8%	193.36	26.6%	263.24	72.3%	260.05	70.3%	259.62	70.0%
B	111.46	109.62	-1.7%	109.38	-1.9%	148.45	33.2%	146.00	31.0%	145.99	31.0%	207.93	86.6%	205.20	84.1%	204.83	83.8%
C	80.50	79.40	-1.4%	78.99	-1.9%	113.87	41.4%	112.28	39.5%	112.28	39.5%	164.51	104.4%	162.55	101.9%	162.32	101.6%
T1	72.64	72.64	-	72.64	-	101.56	39.8%	101.56	39.8%	101.56	39.8%	141.19	94.4%	141.19	94.4%	141.19	94.4%
T3	56.23	56.23	-	56.23	-	84.73	50.7%	84.73	50.7%	84.73	50.7%	121.82	116.6%	121.82	116.6%	121.82	116.6%
T5	42.55	42.55	-	42.55	-	69.93	64.3%	69.93	64.3%	69.93	64.3%	104.82	146.3%	104.82	146.3%	104.82	146.3%

Tabela B.53. Comprimento ótimo da pala para um CAE e Q mínimo da necessidade de aquecimento do edifício em função dos set-points, e com respetiva diferença percentual à situação sem pala do cenário (com aplicação da pala em negrito) para o supermercado, na zona climática I1-V1.

I3-V3	Cenário Histórico					Cenário B1						Cenário A2					
	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	Sem Pala [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE mínimo [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]	CAE Q [kWhm ⁻² /ano]	dif [%]
A	153,24	153,24	-	151,23	-1,3%	175,60	14,6%	173,37	13,1%	173,10	13,0%	232,10	51,5%	229,36	49,7%	229,01	49,4%
B	118,76	118,76	-	117,20	-1,3%	138,49	16,6%	137,20	15,5%	136,75	15,1%	185,95	56,6%	183,86	54,8%	183,60	54,6%
C	92,03	92,03	-	90,83	-1,3%	109,69	19,2%	109,69	19,2%	108,52	17,9%	150,81	63,9%	149,60	62,6%	149,15	62,1%
T1	87,55	87,55	-	87,55	-	101,81	16,3%	101,81	16,3%	101,81	16,3%	133,57	52,6%	133,57	52,6%	133,57	52,6%
T3	71,86	71,86	-	71,86	-	86,03	19,7%	86,03	19,7%	86,03	19,7%	115,54	60,8%	115,54	60,8%	115,54	60,8%
T5	58,37	58,37	-	58,37	-	72,26	23,8%	72,26	23,8%	72,26	23,8%	99,62	70,7%	99,62	70,7%	99,62	70,7%

ANEXO C

Resultados obtidos no cálculo da aplicação de isolamento térmico de modo a encontrar o ponto ótimo.

Apartamento

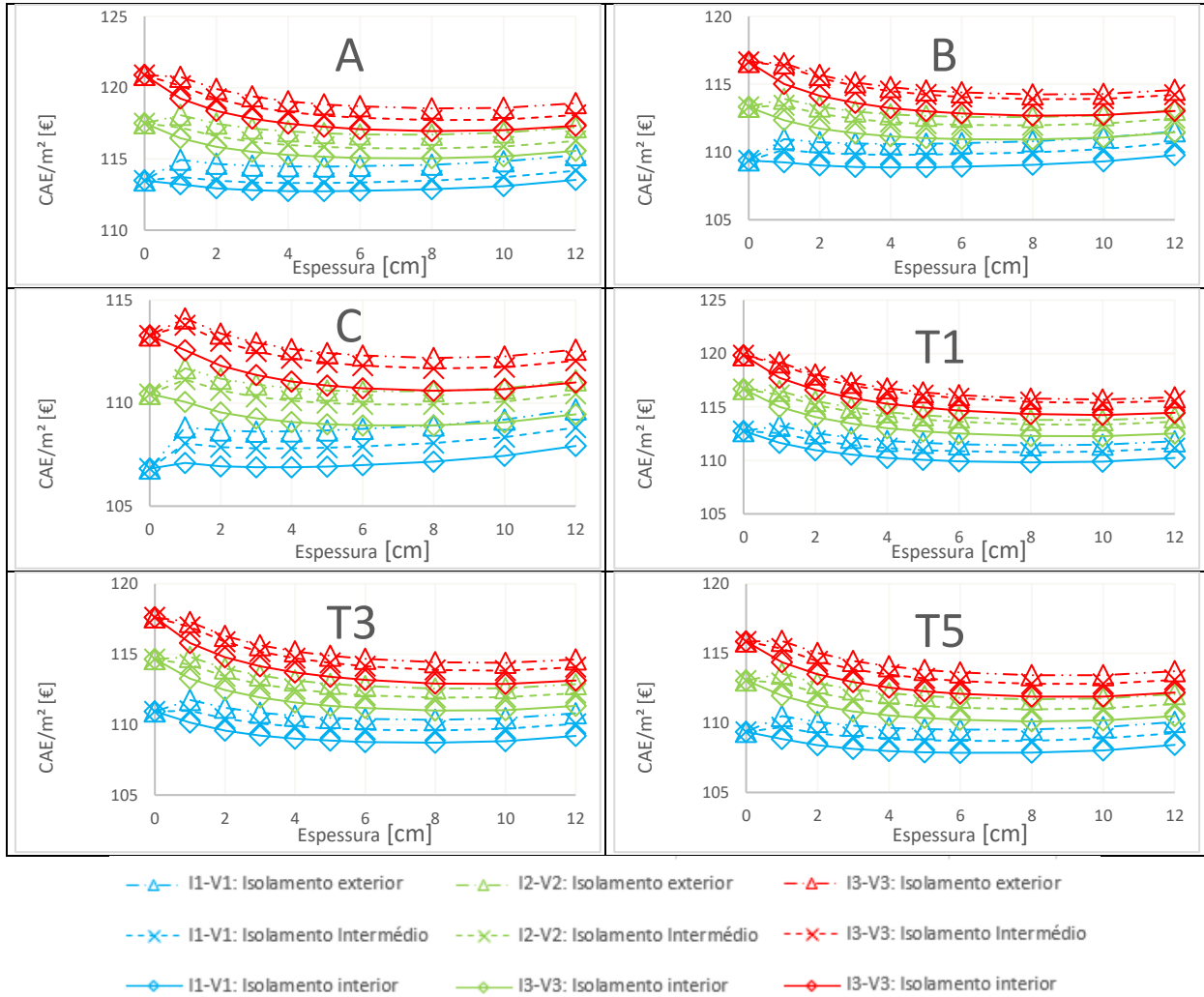


Figura C.1. CAE do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

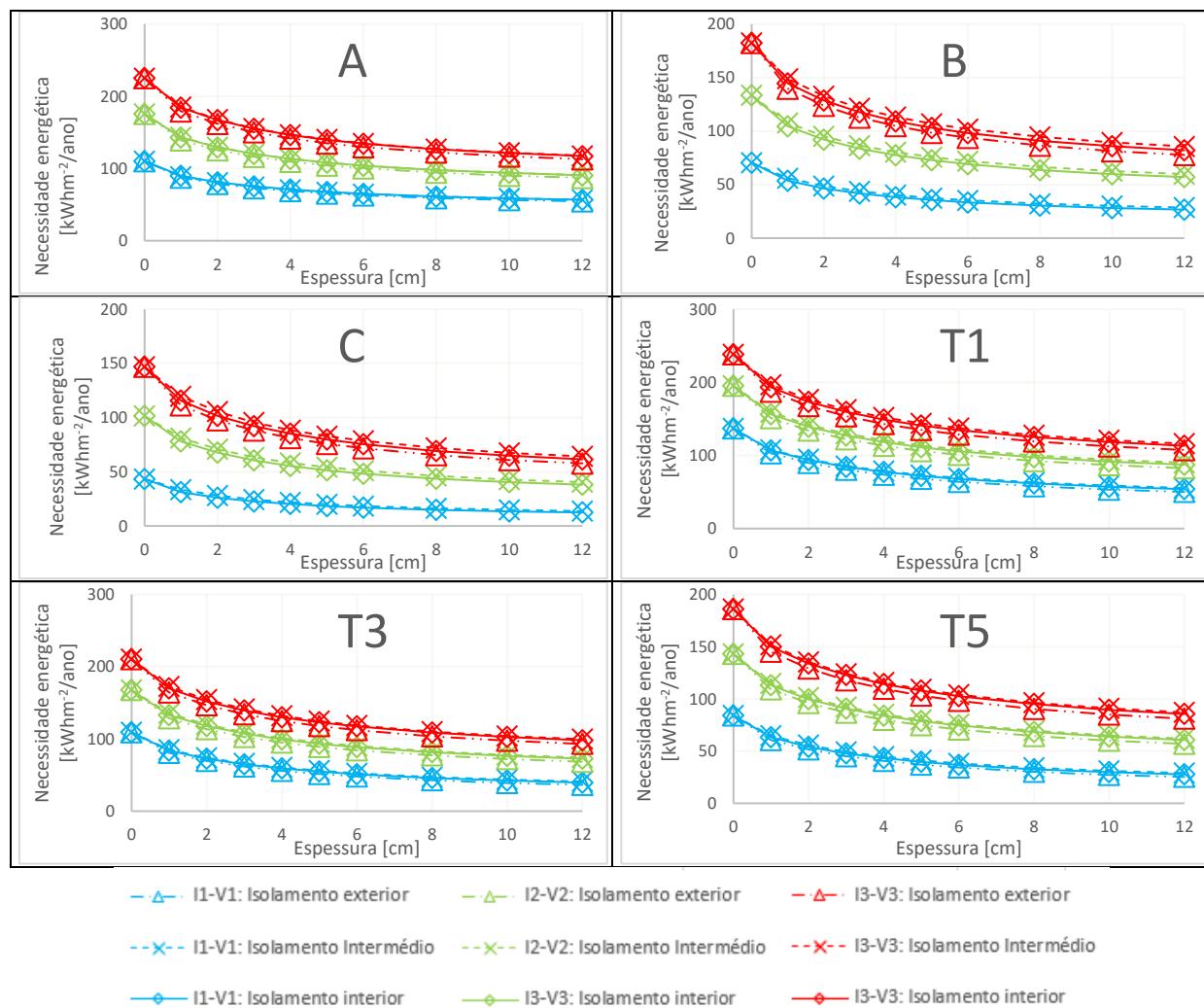


Figura C.2. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

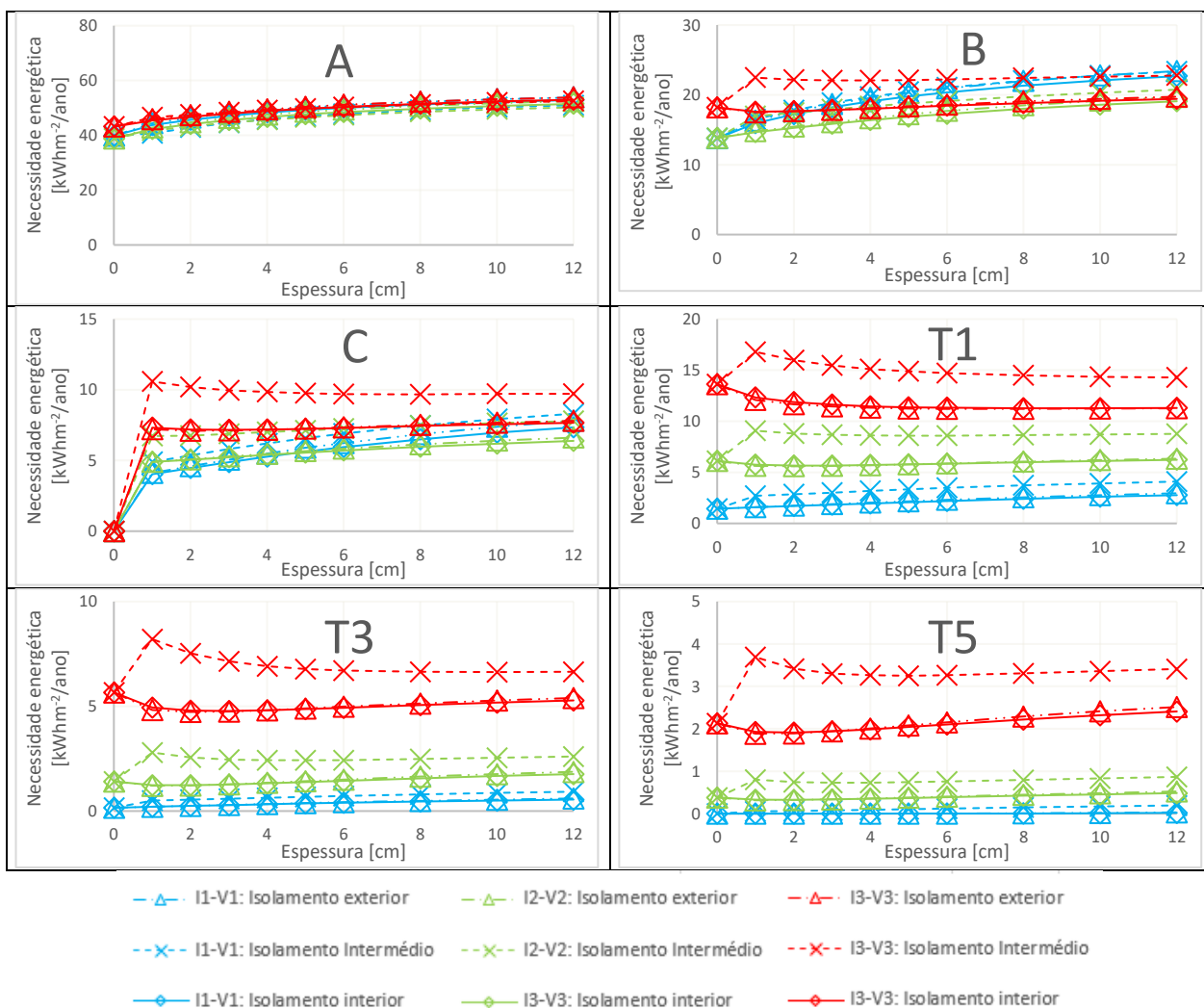


Figura C.3. Necessidade energética de arrefecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

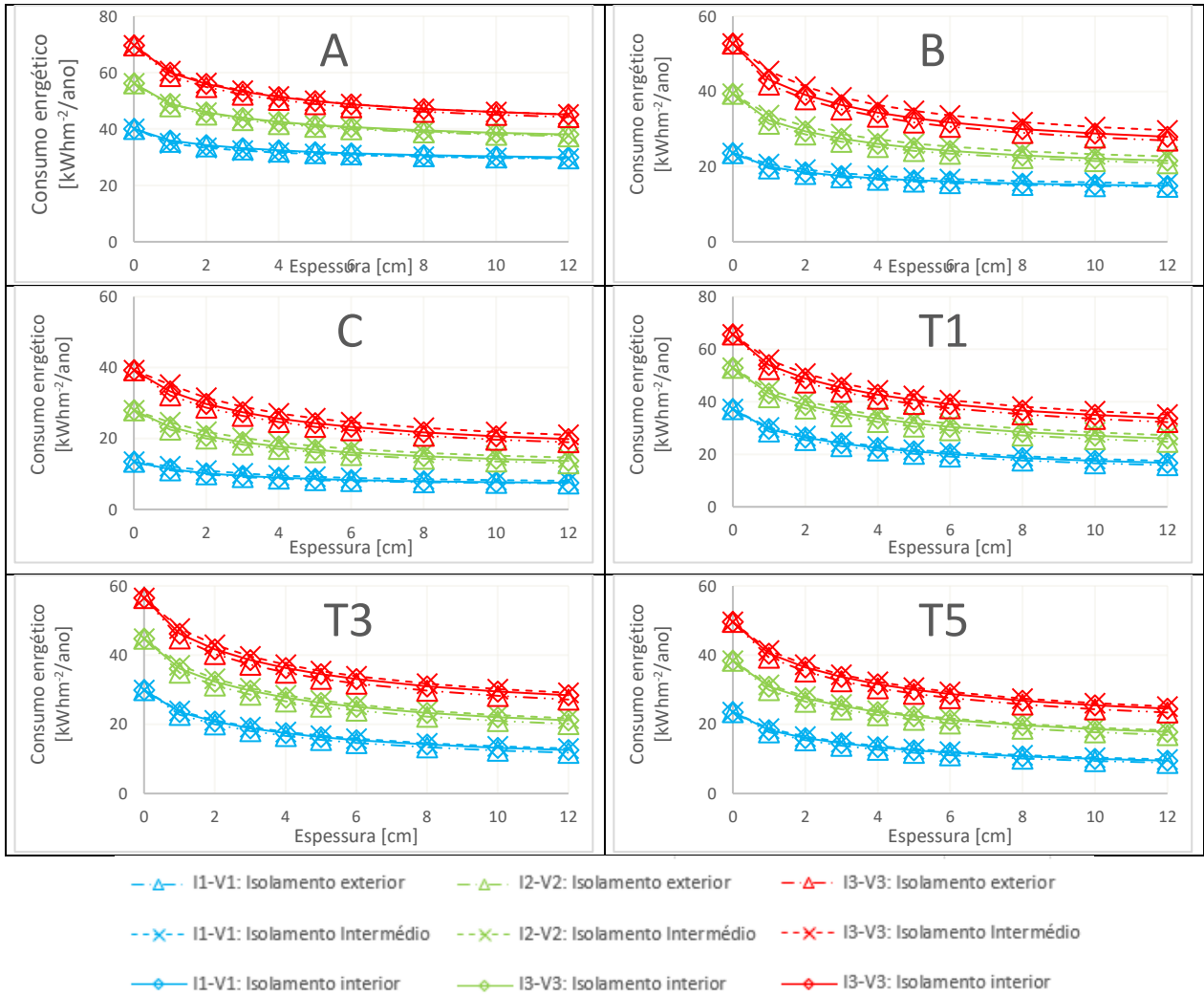


Figura C.4. Energia consumida pelo sistema AVAC do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

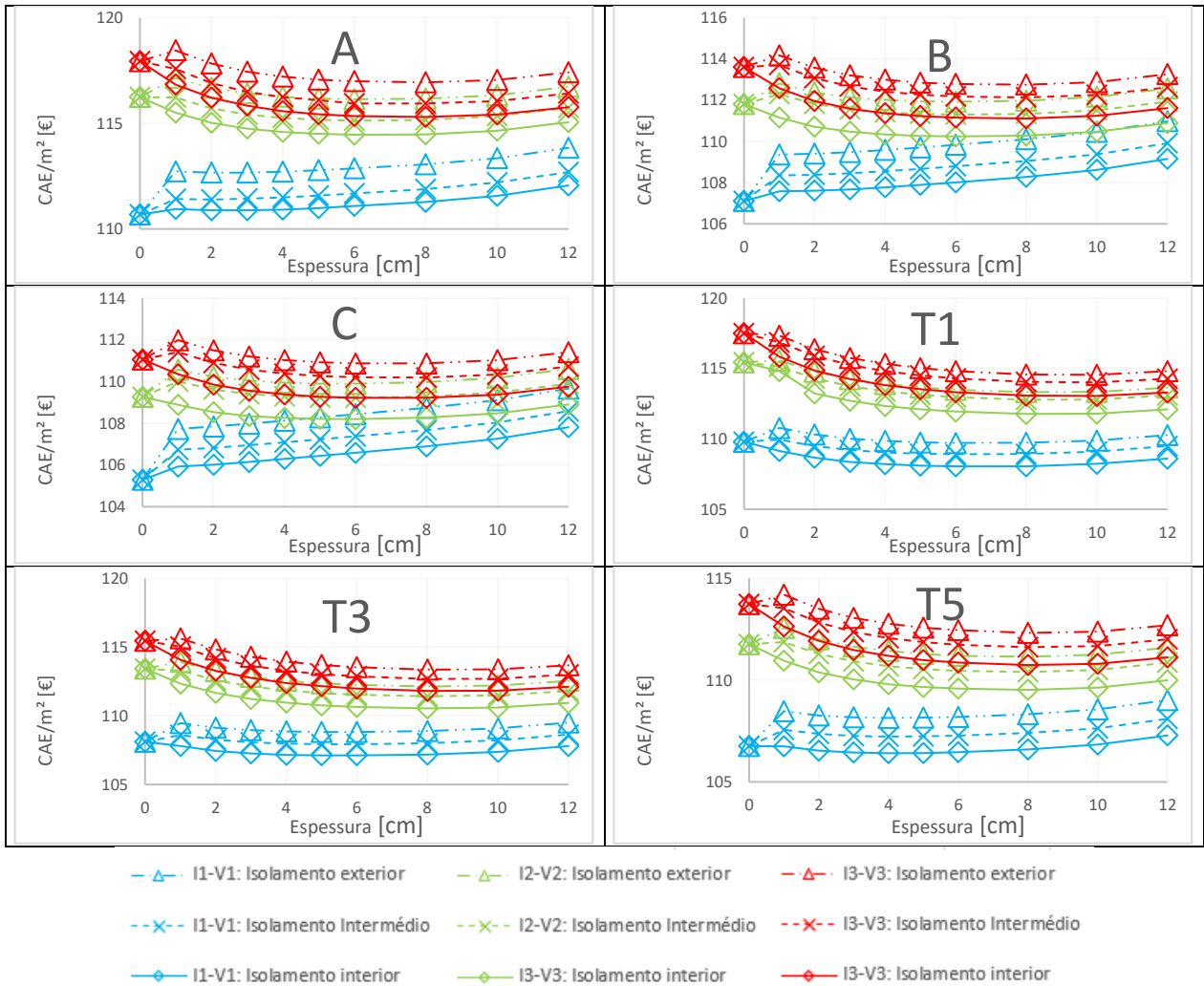


Figura C.5. CAE do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

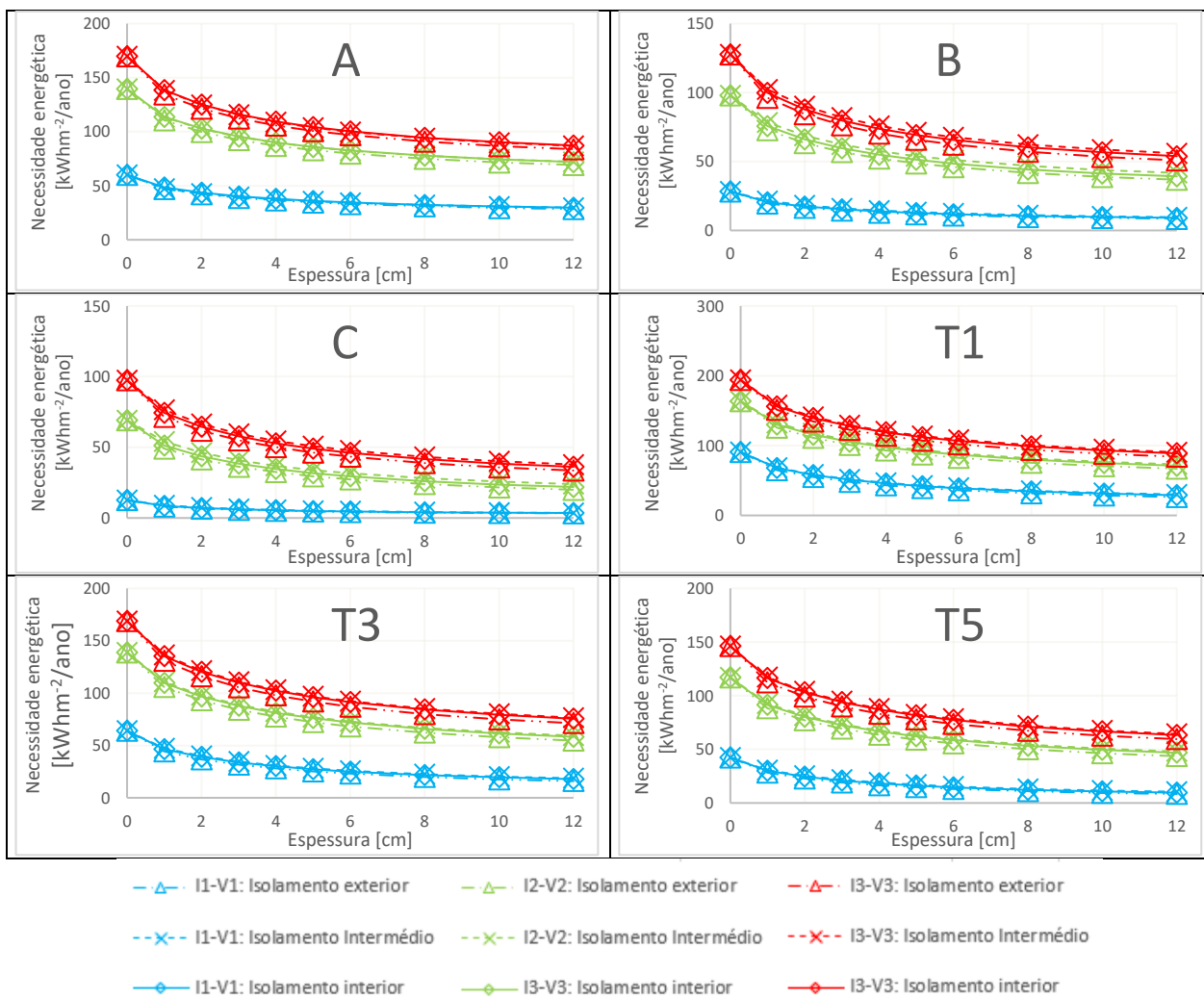


Figura C.6. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

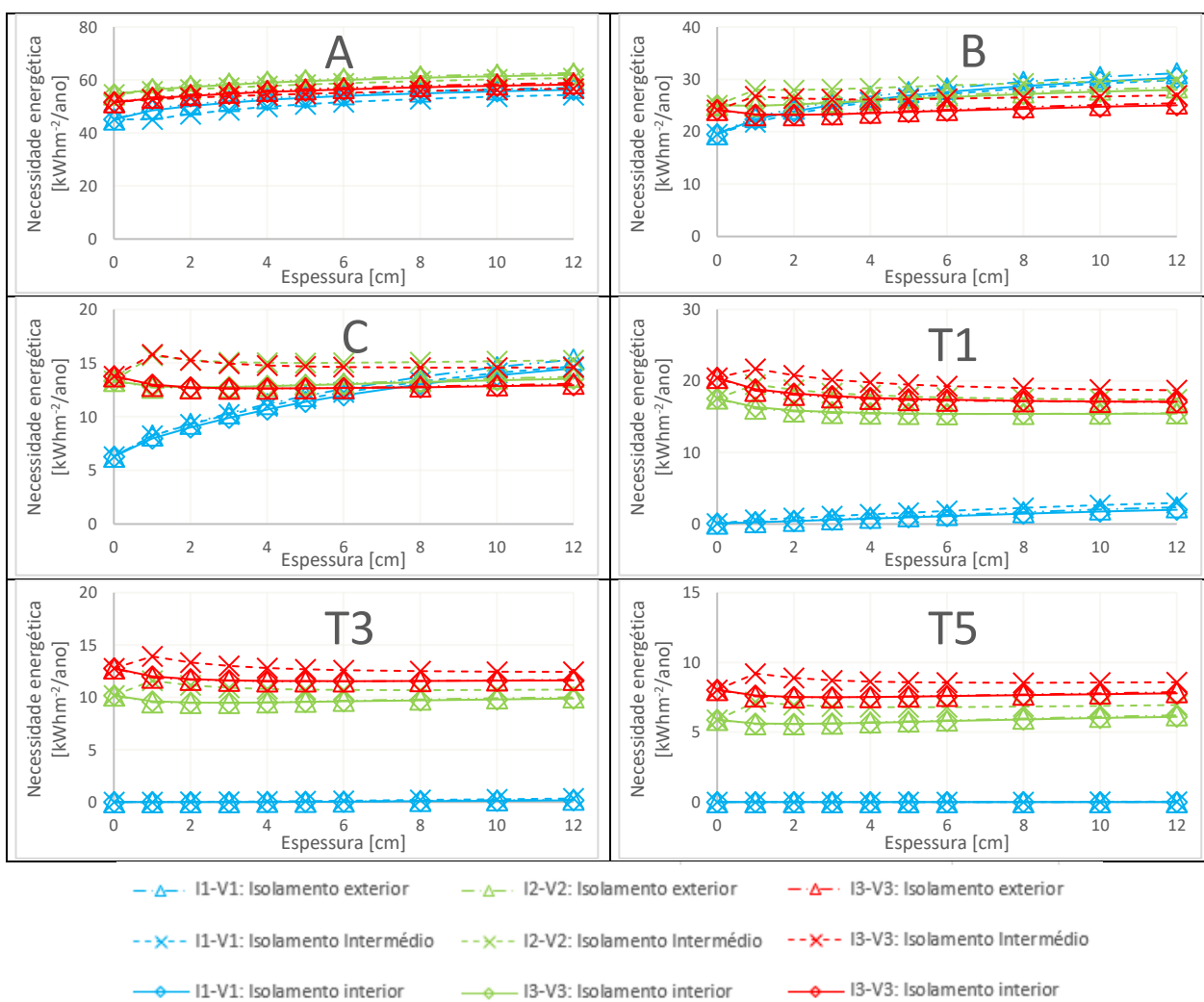


Figura C.7. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

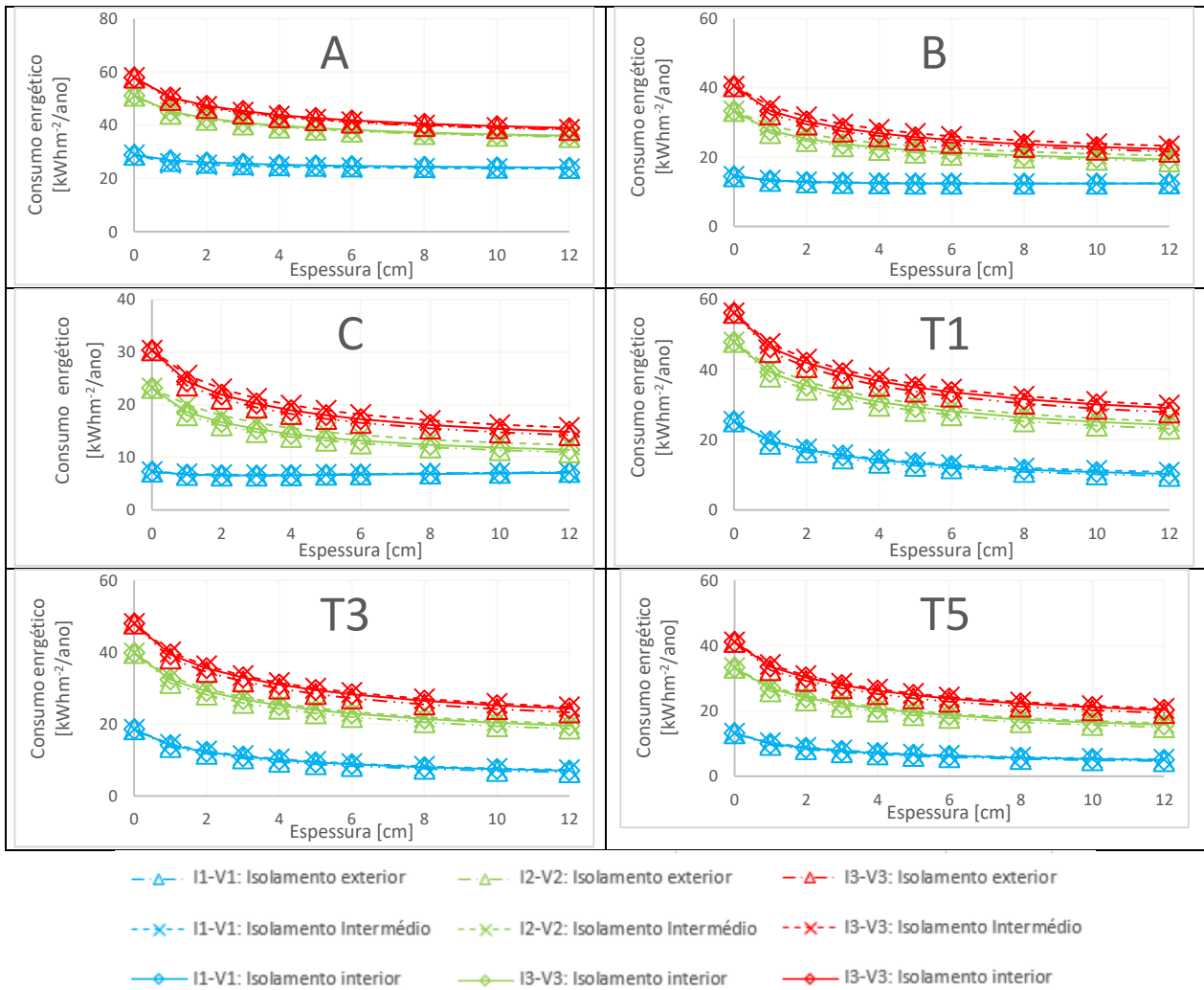


Figura C.8. Energia consumida pelo sistema AVAC do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

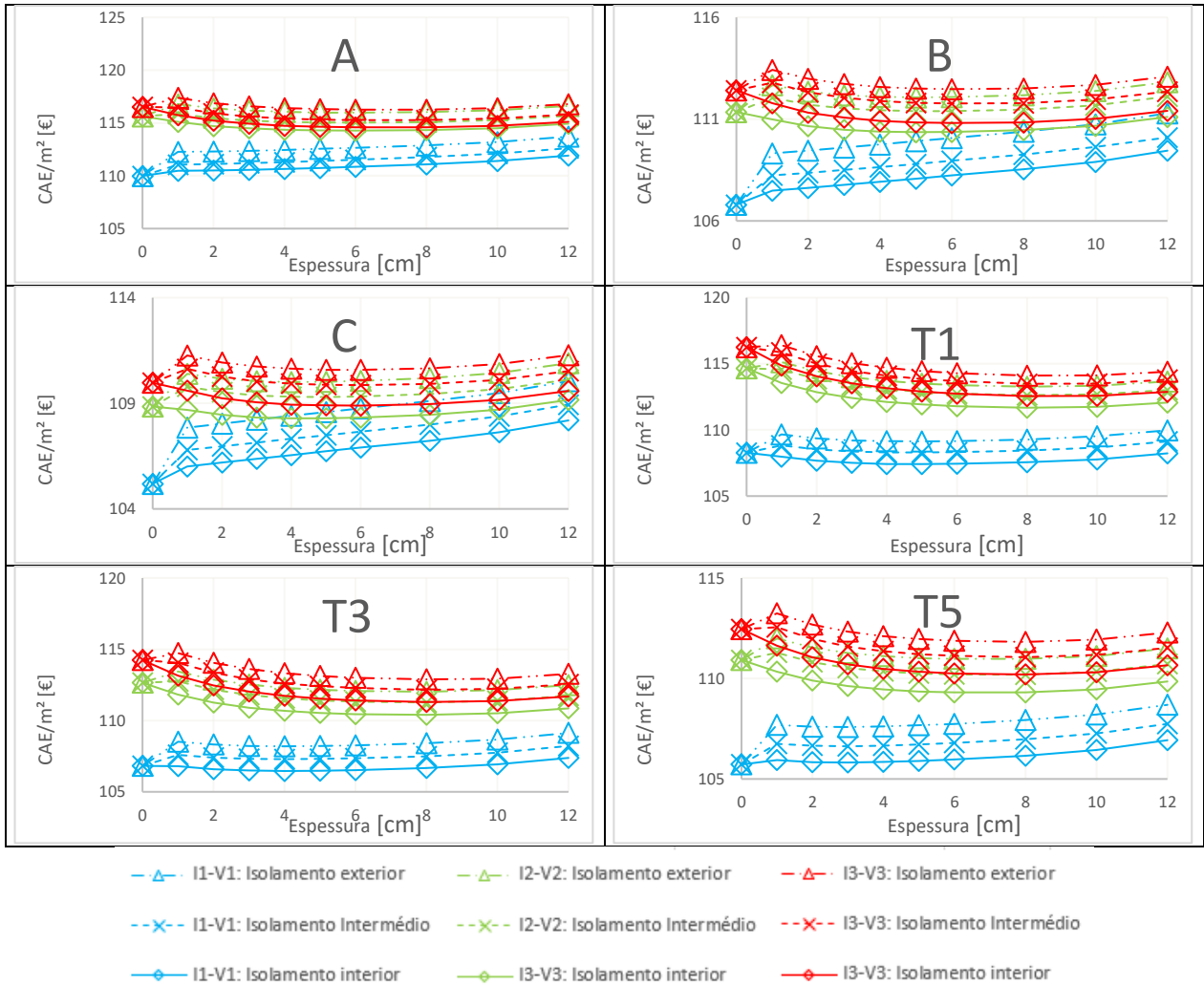


Figura C.9. CAE do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

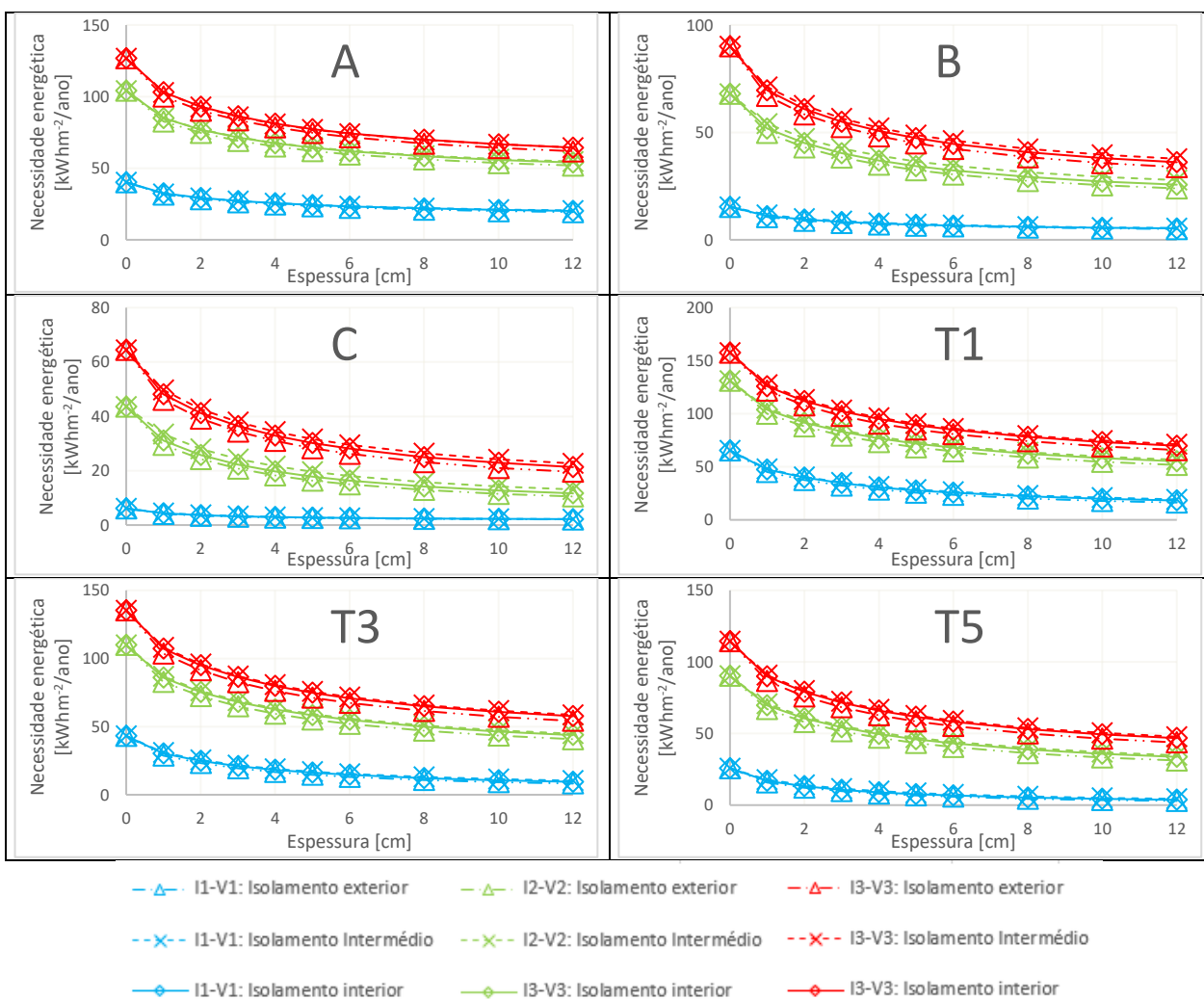


Figura C.10. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

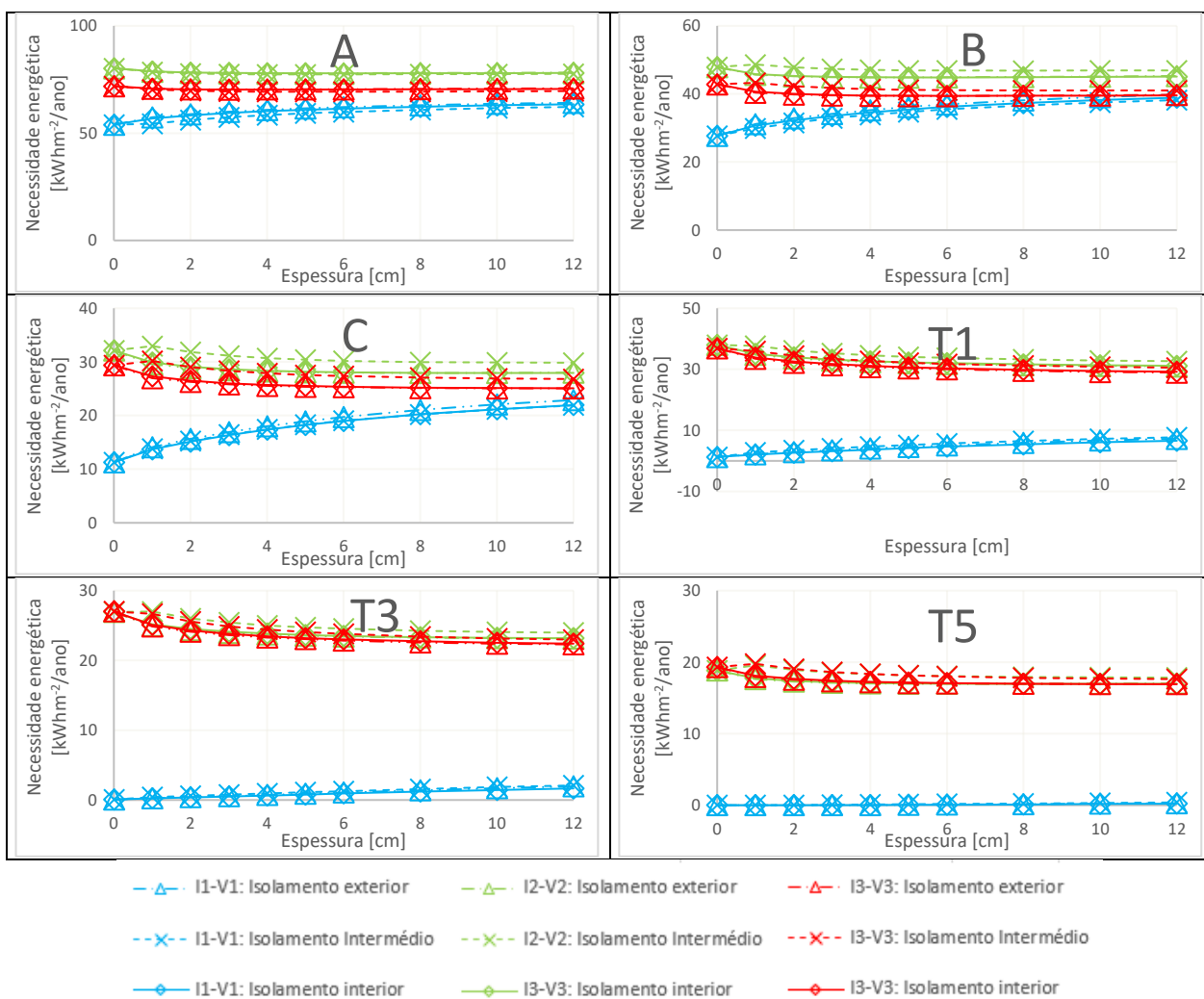


Figura C.11. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

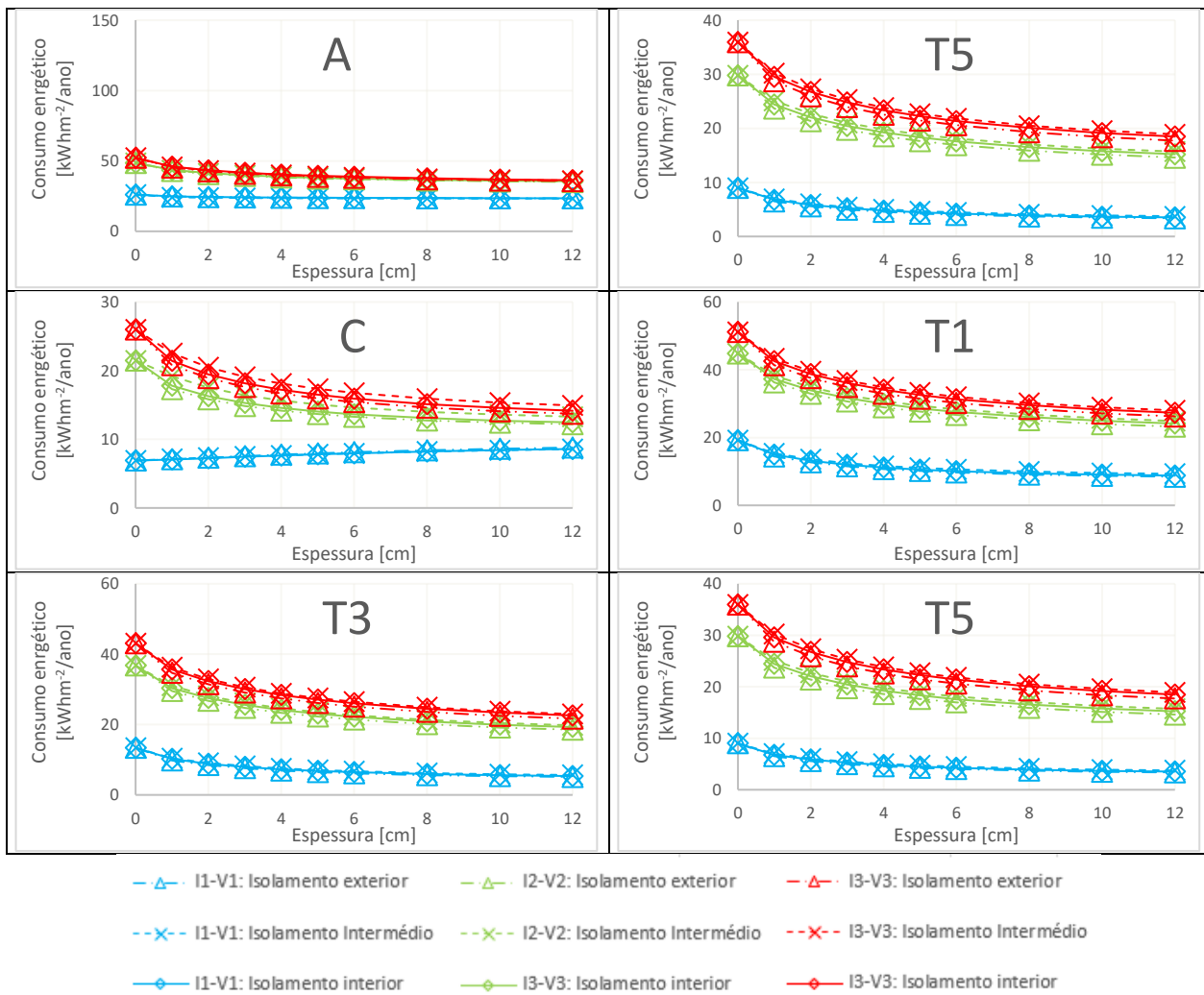


Figura C.12. Energia consumida pelo sistema AVAC do apartamento para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

Morada

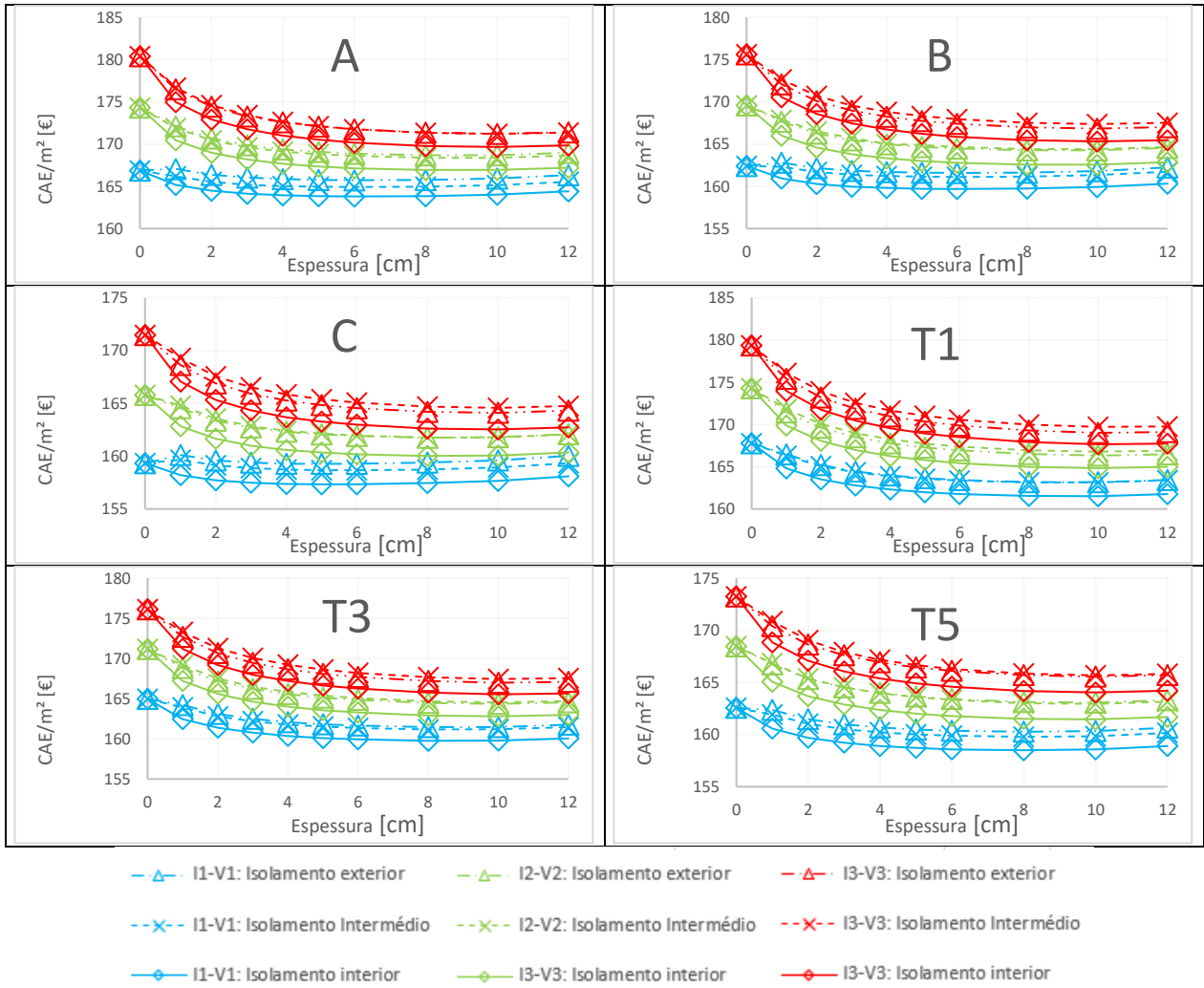


Figura C.13. CAE da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

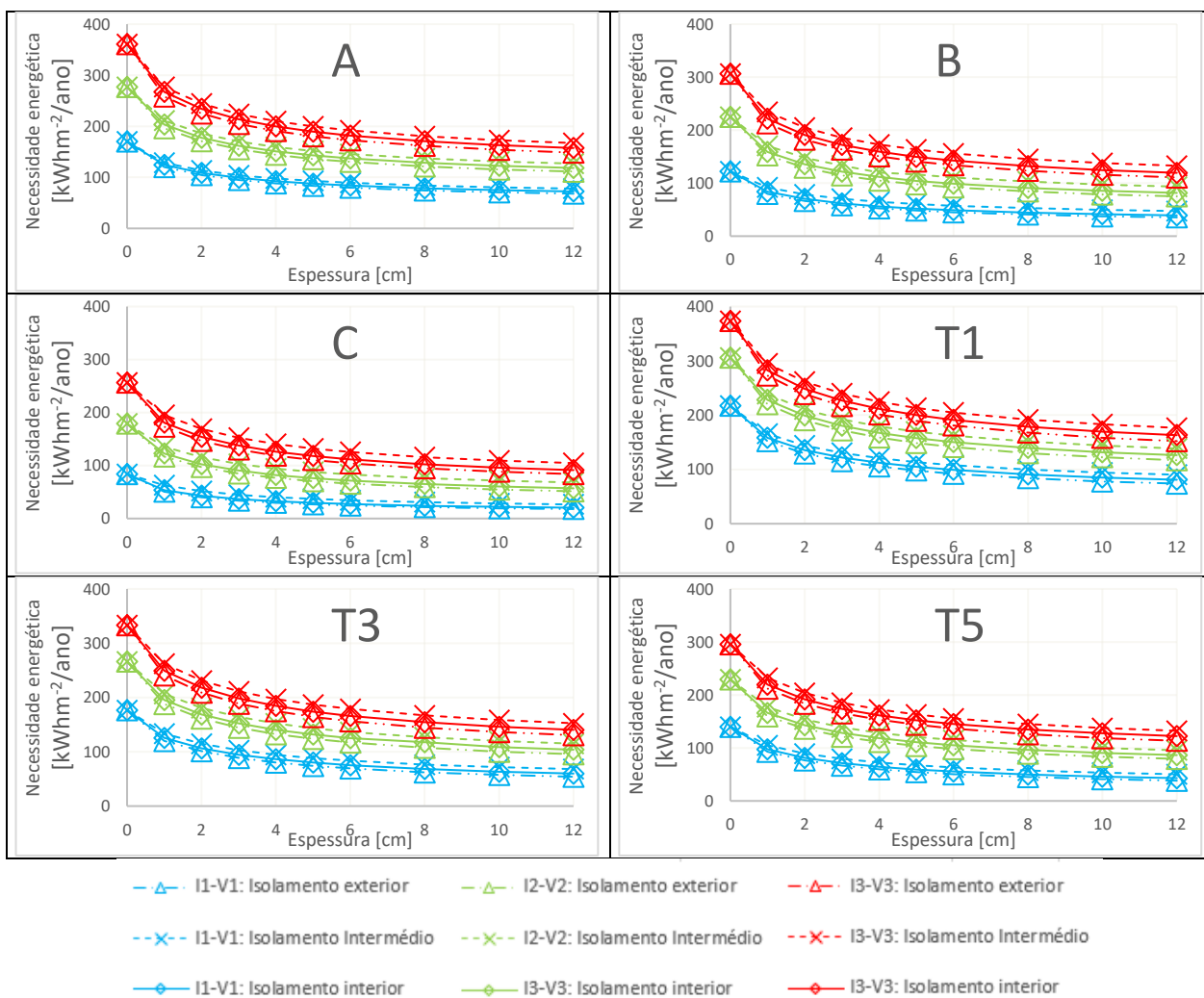


Figura C.14. Necessidade energética de aquecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

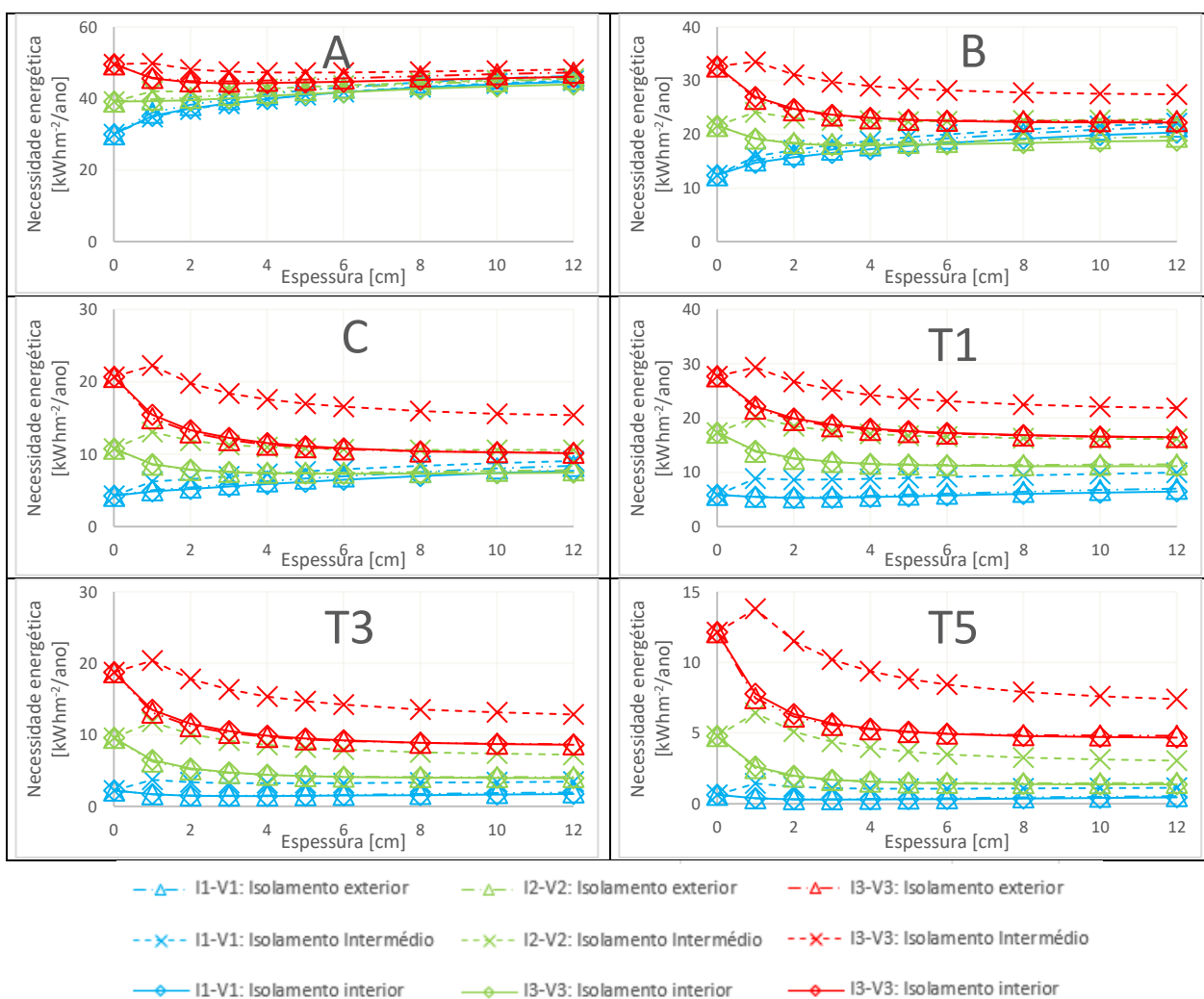


Figura C.15. Necessidade energética de aquecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

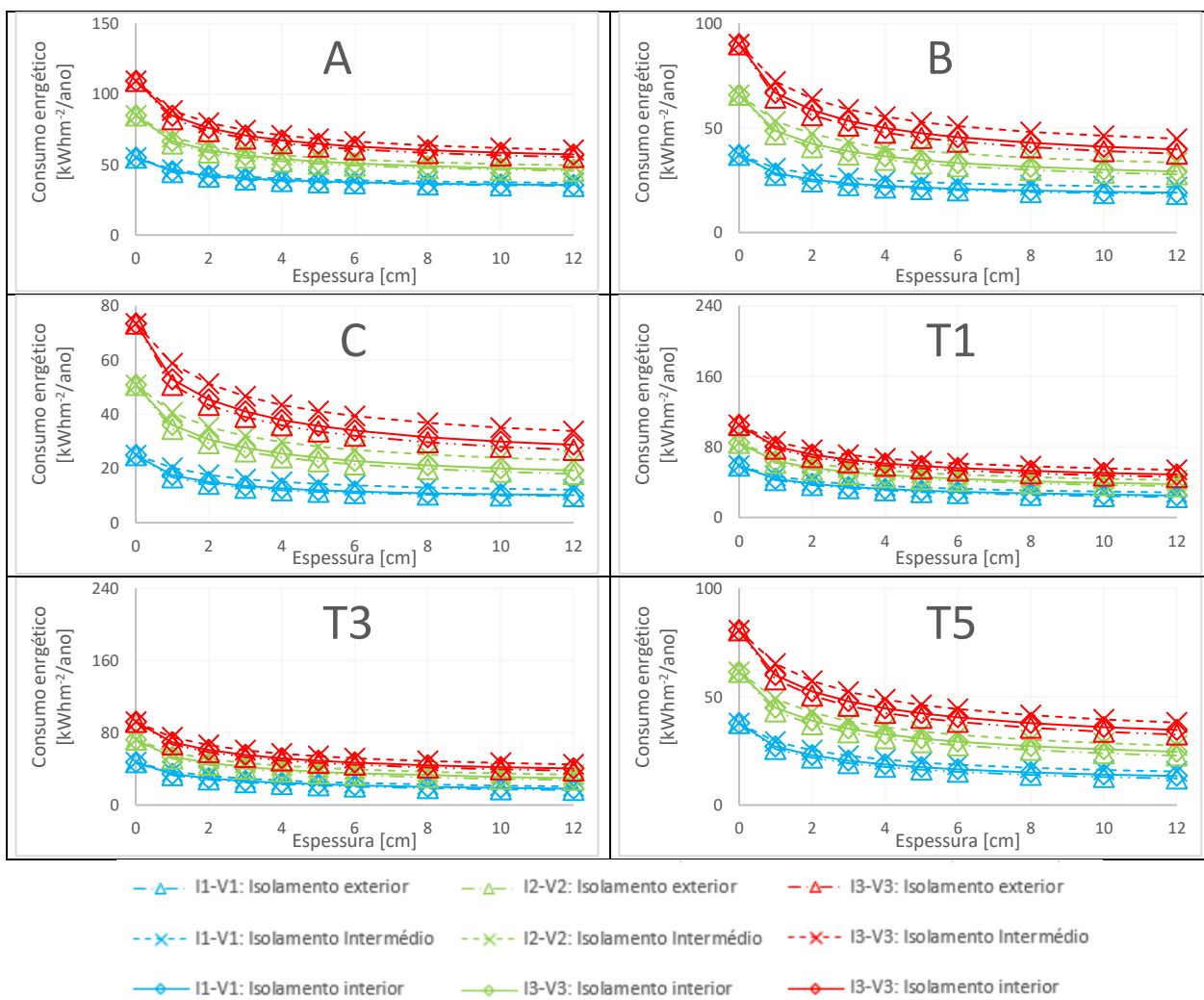


Figura C.16. Energia consumida pelo sistema AVAC da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

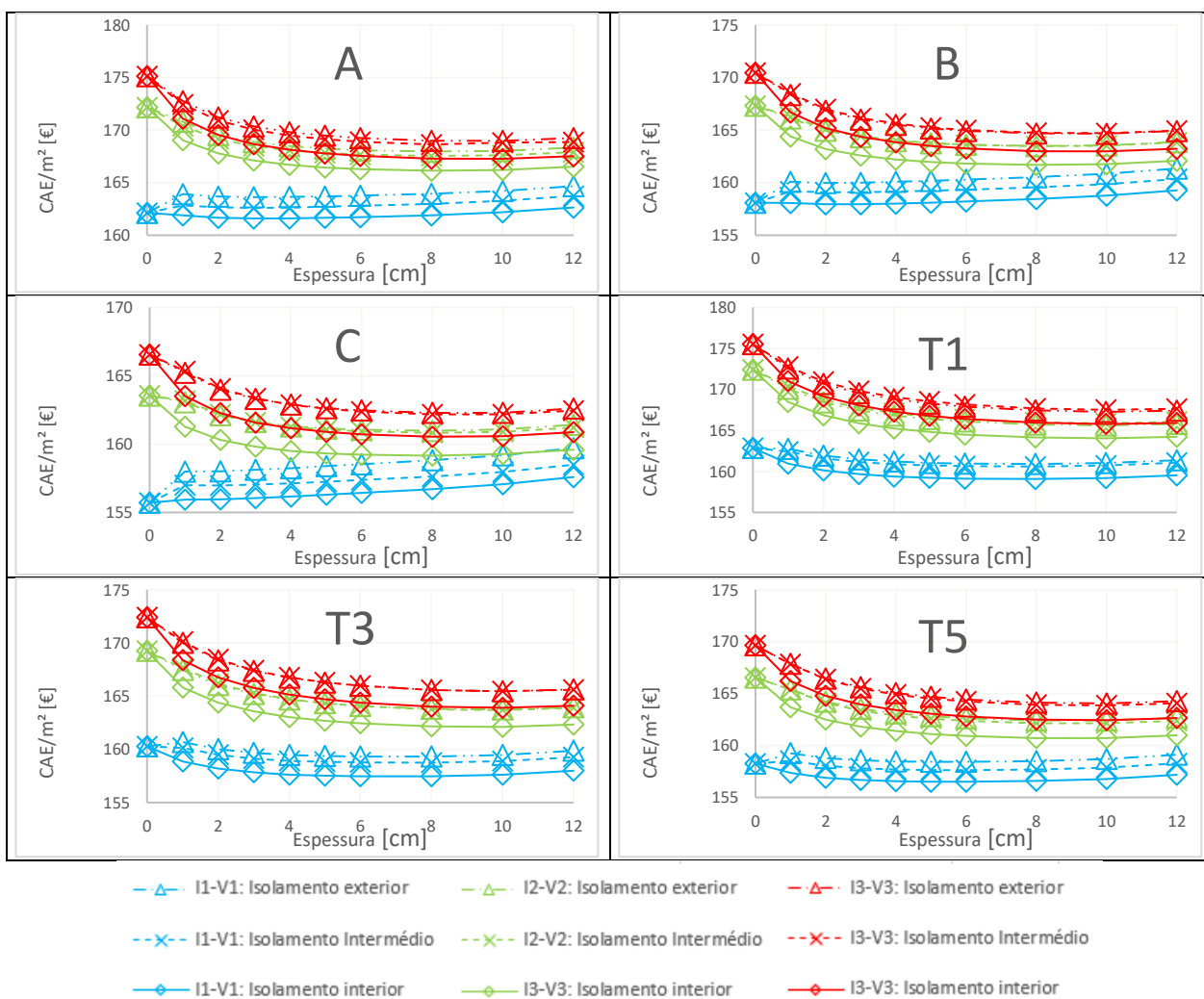


Figura C.17. CAE da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário B1.

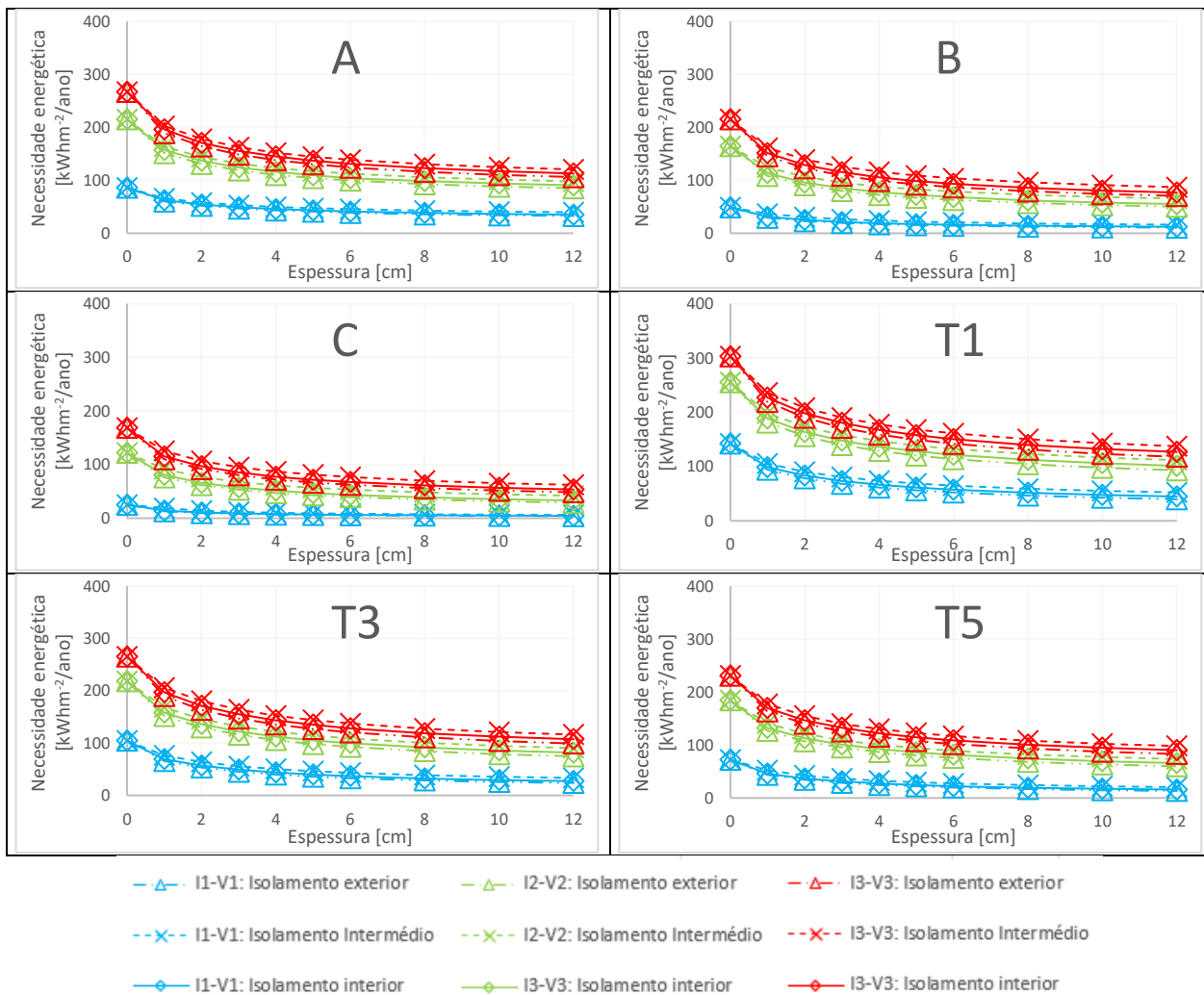


Figura C.18. Necessidade energética de aquecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

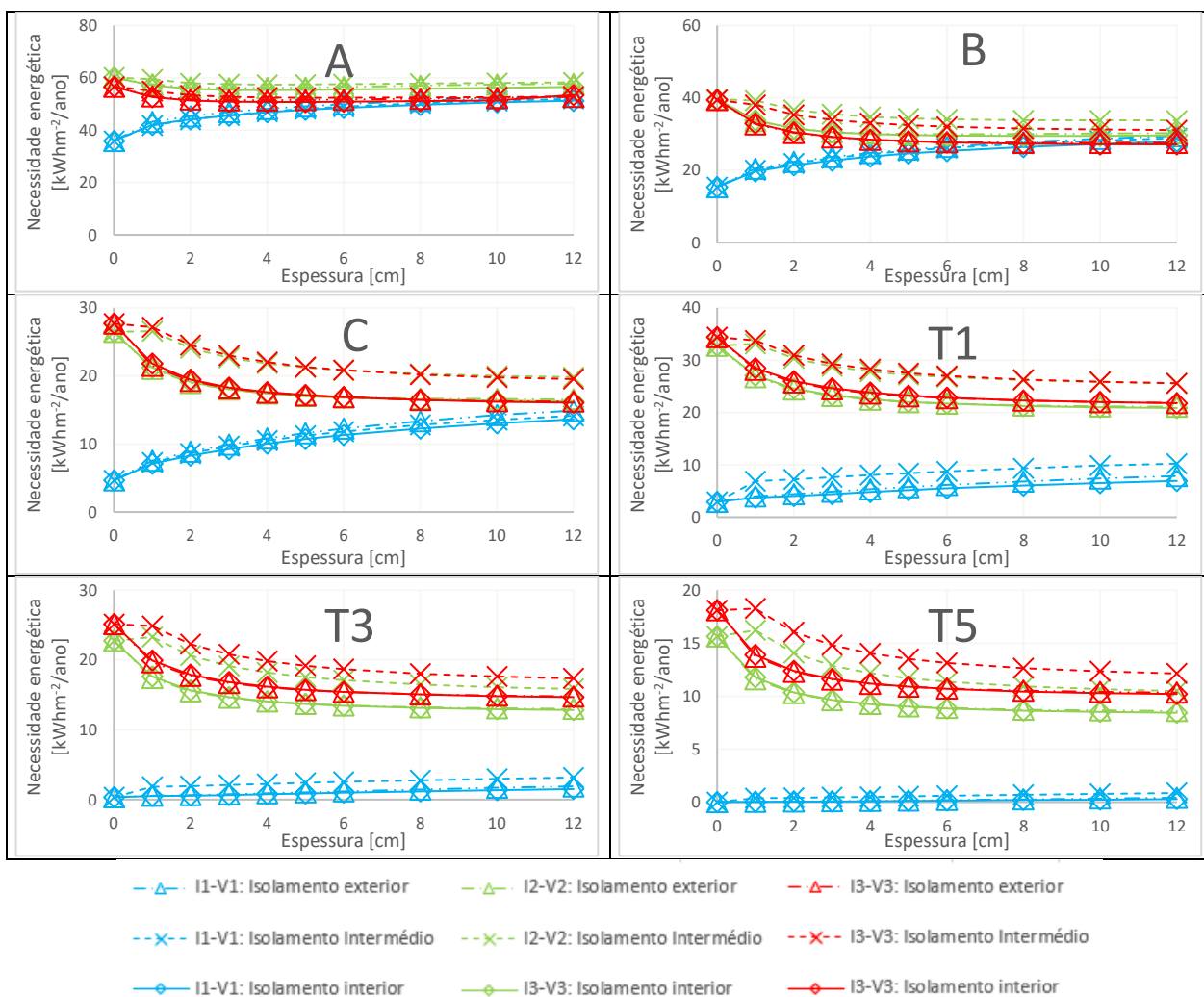


Figura C.19. Necessidade energética de arrefecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

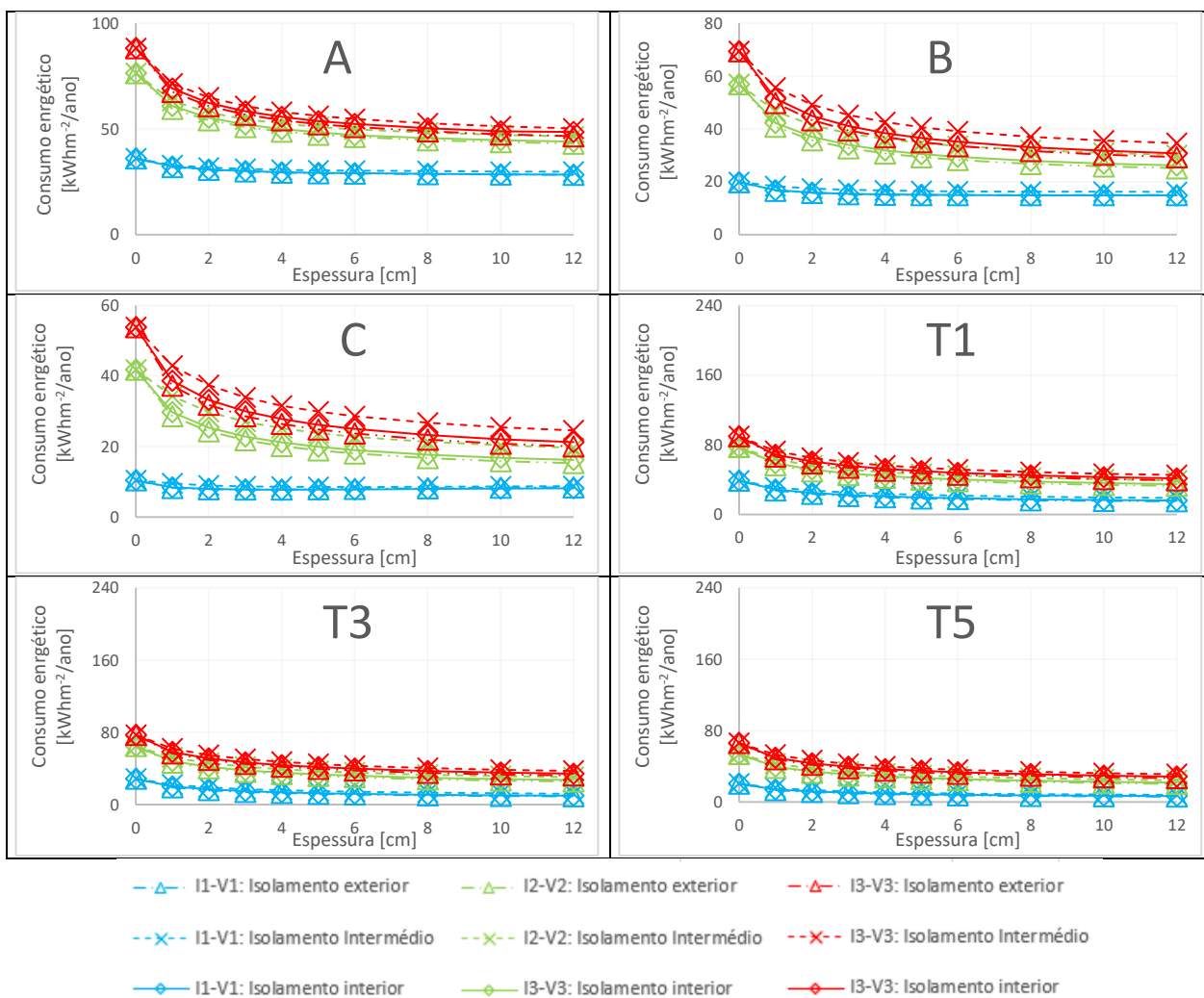


Figura C.20. Energia consumida pelo sistema AVAC da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

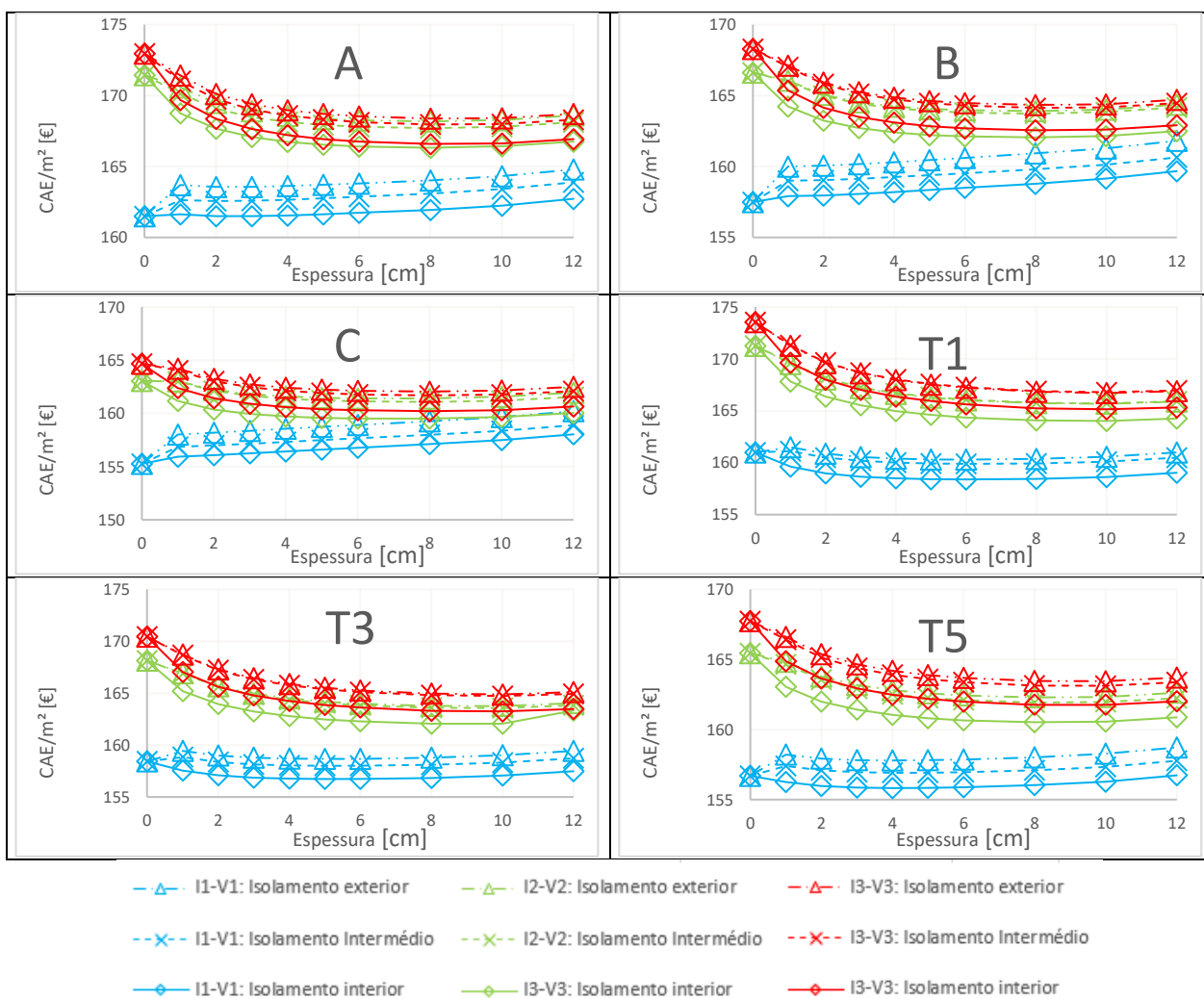


Figura C.21. CAE da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

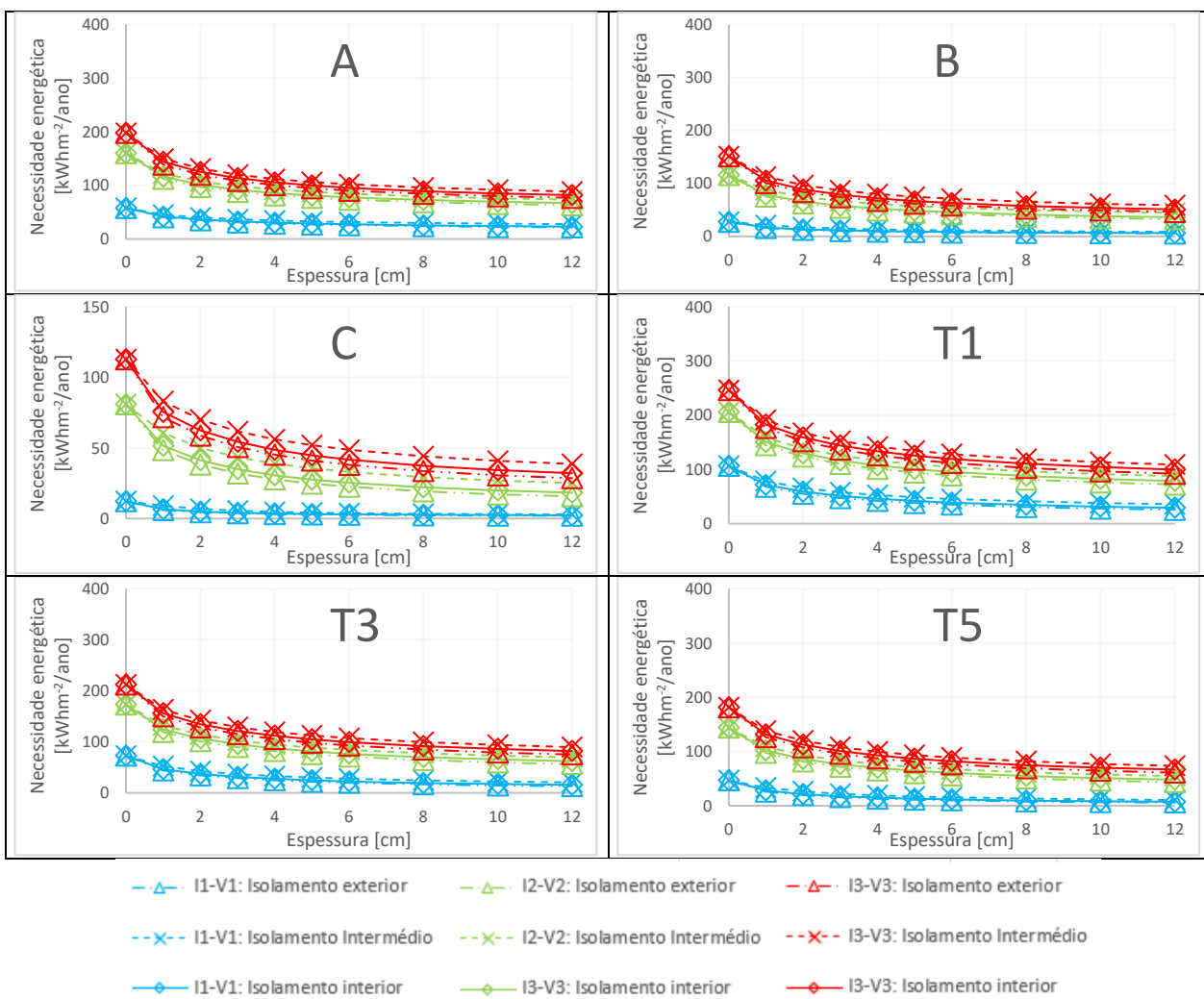


Figura C.22. Necessidade energética de aquecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

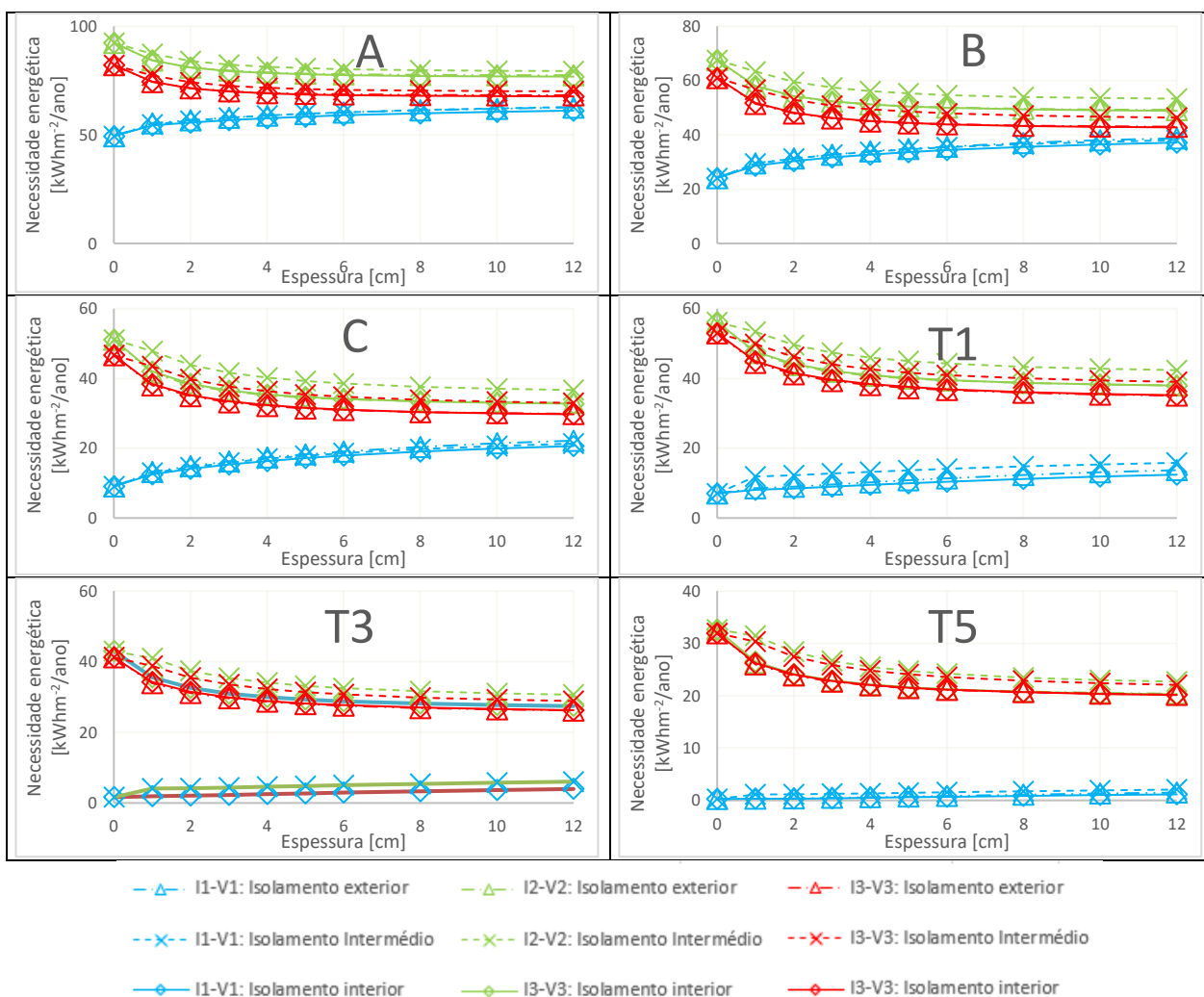


Figura C.23. Necessidade energética de arrefecimento da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

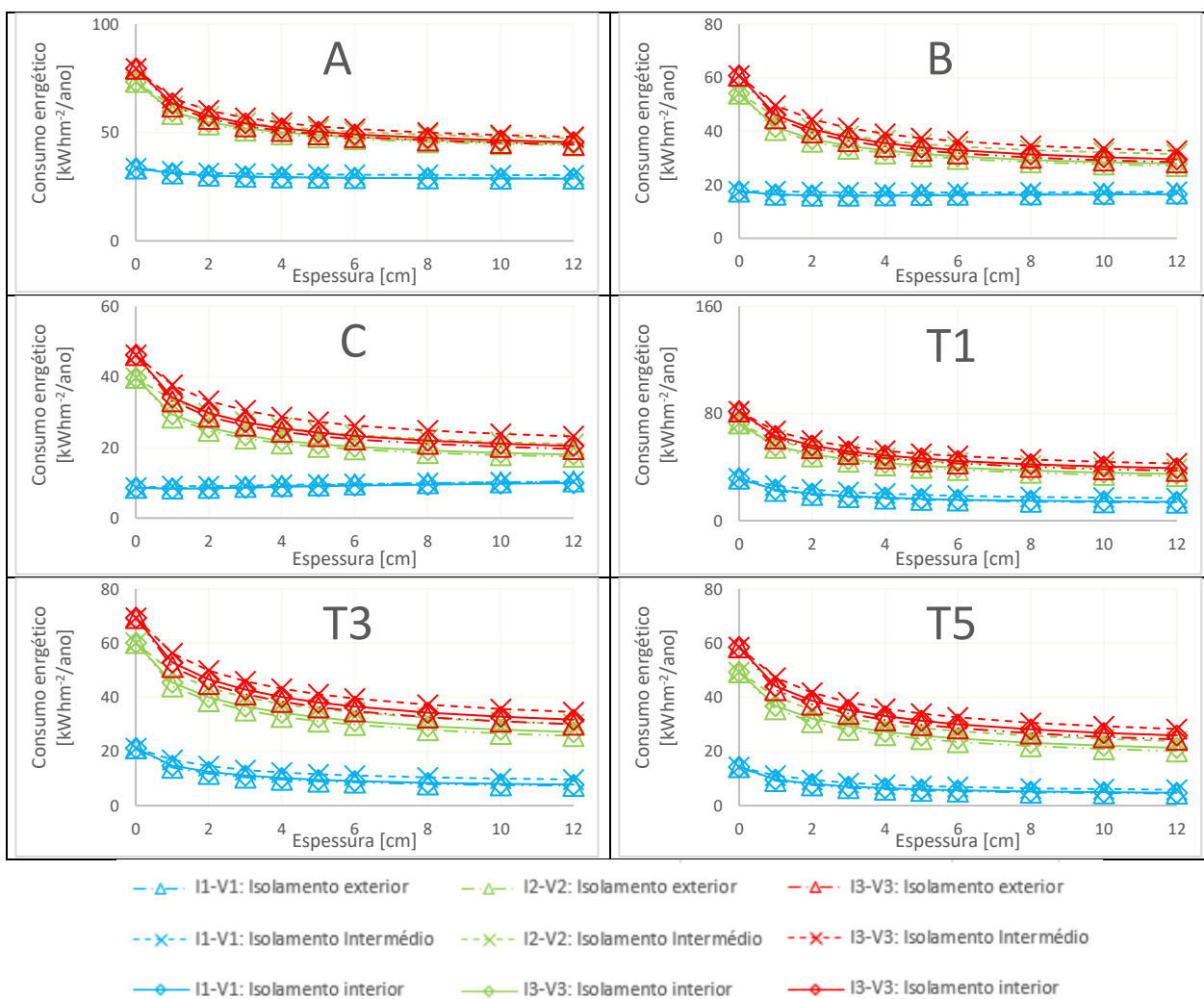


Figura C.24. Energia consumida pelo sistema AVAC da moradia para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

Escola

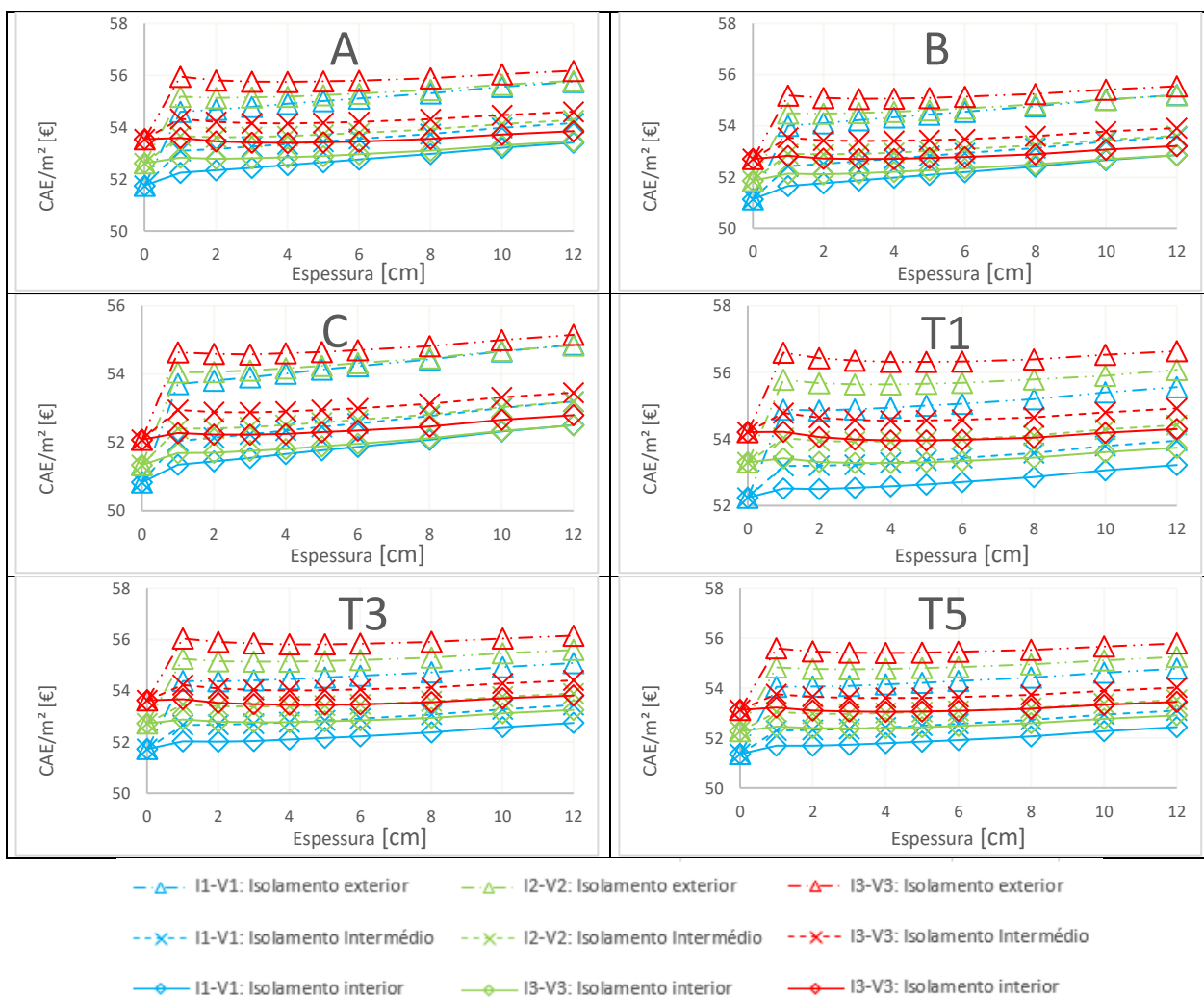


Figura C.25. CAE da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

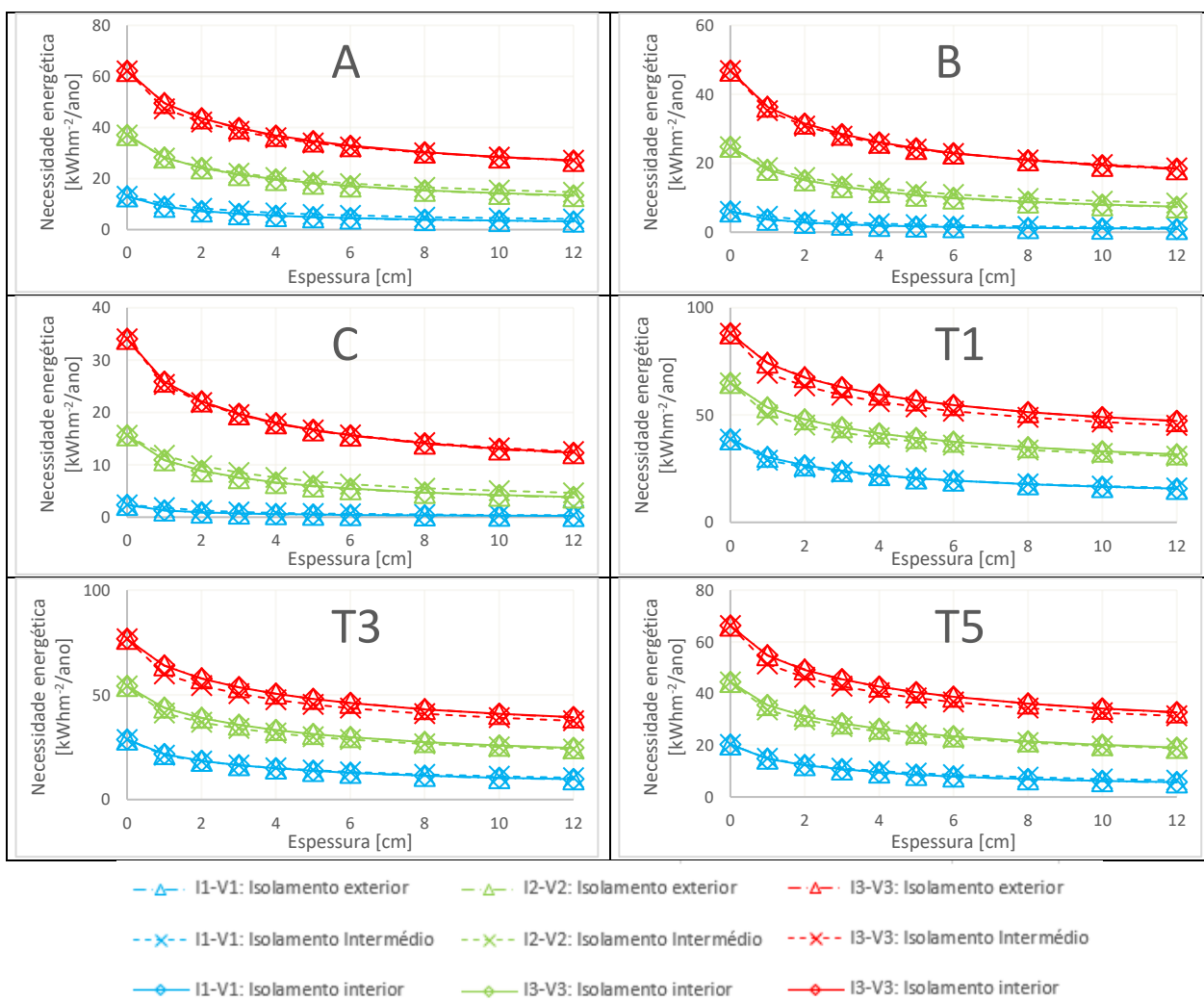


Figura C.26. Necessidade energética de aquecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

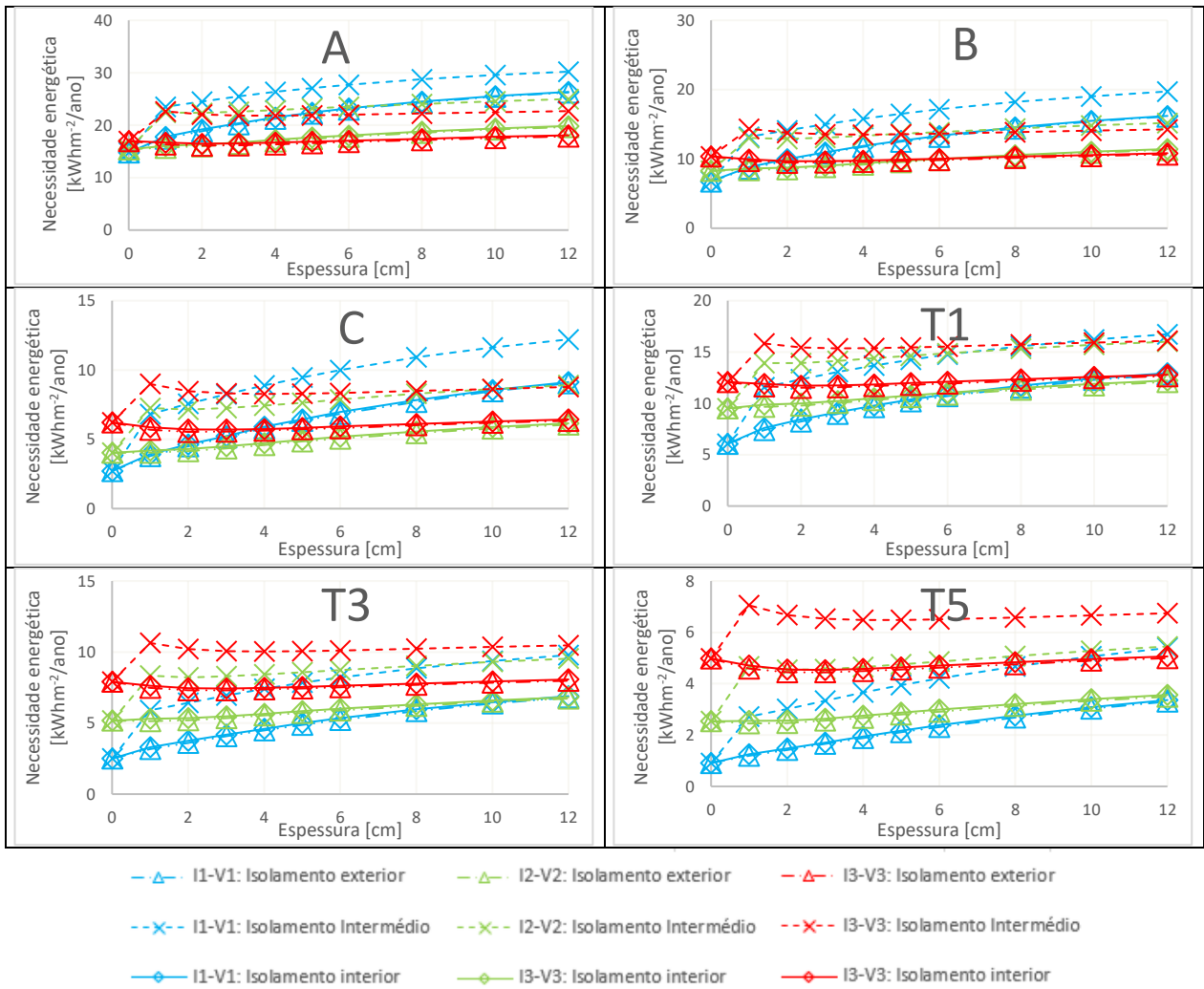


Figura C.27. Necessidade energética de arrefecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

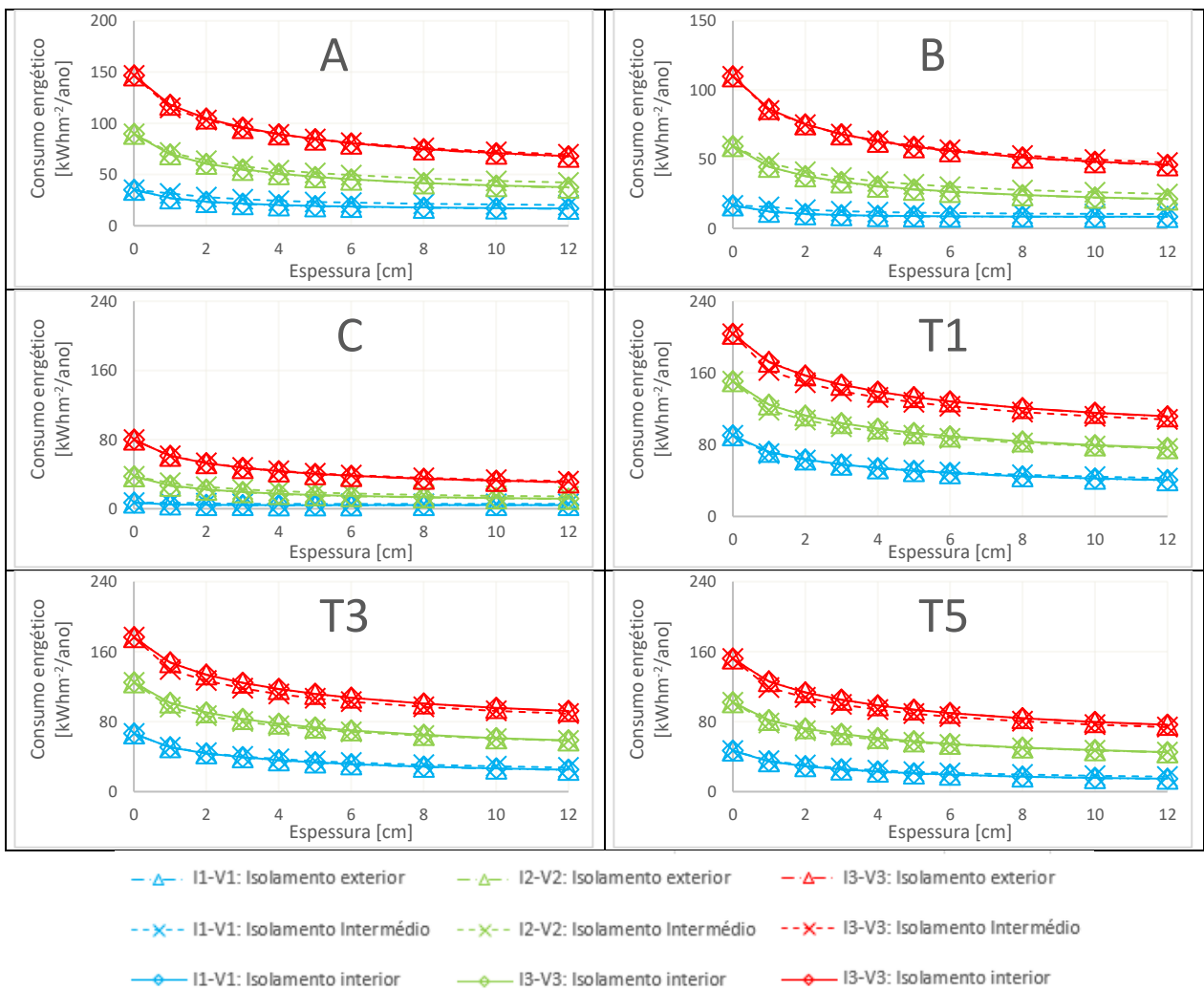


Figura C.28. Energia consumida pelo sistema AVAC da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

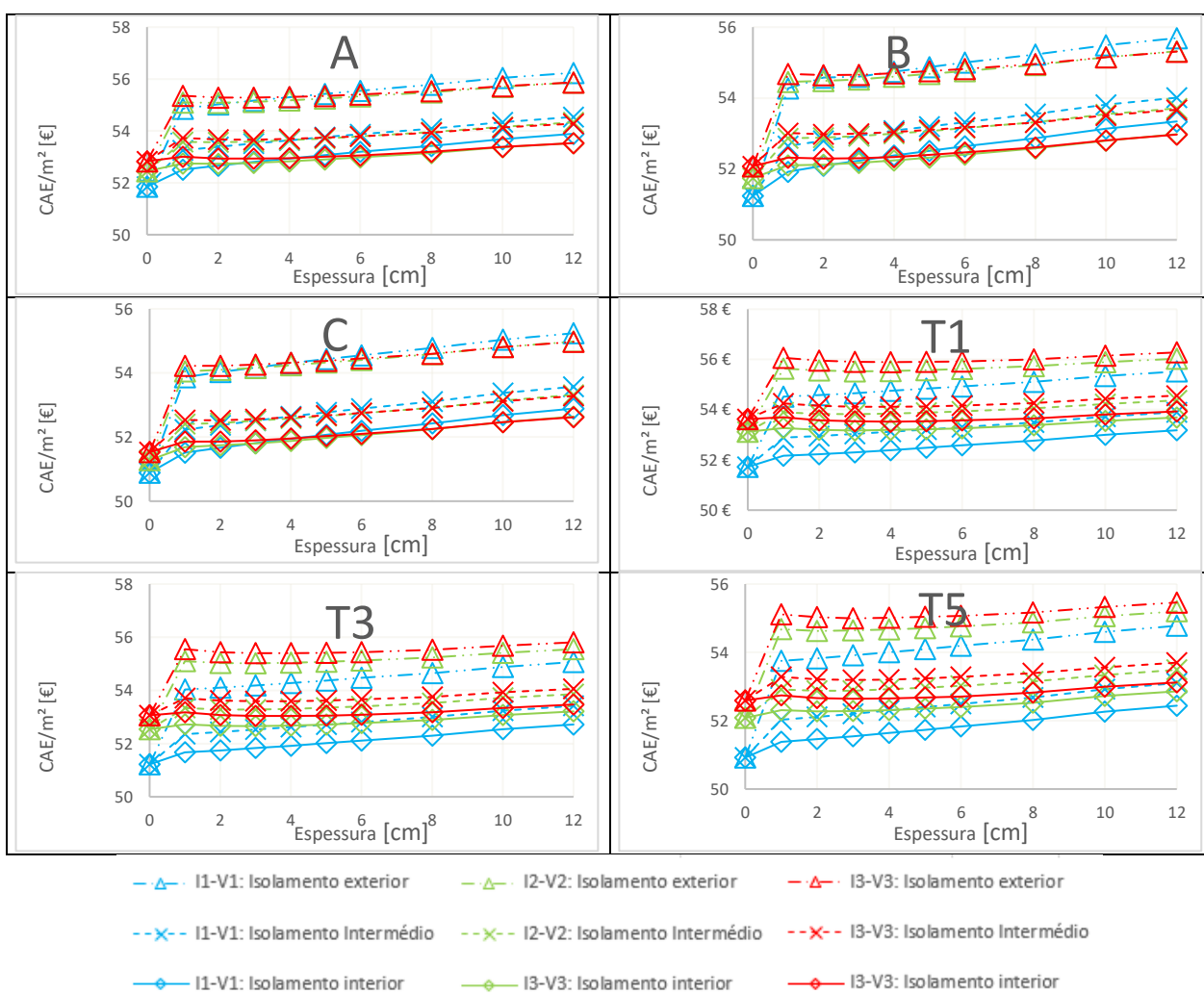


Figura C.29. CAE da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

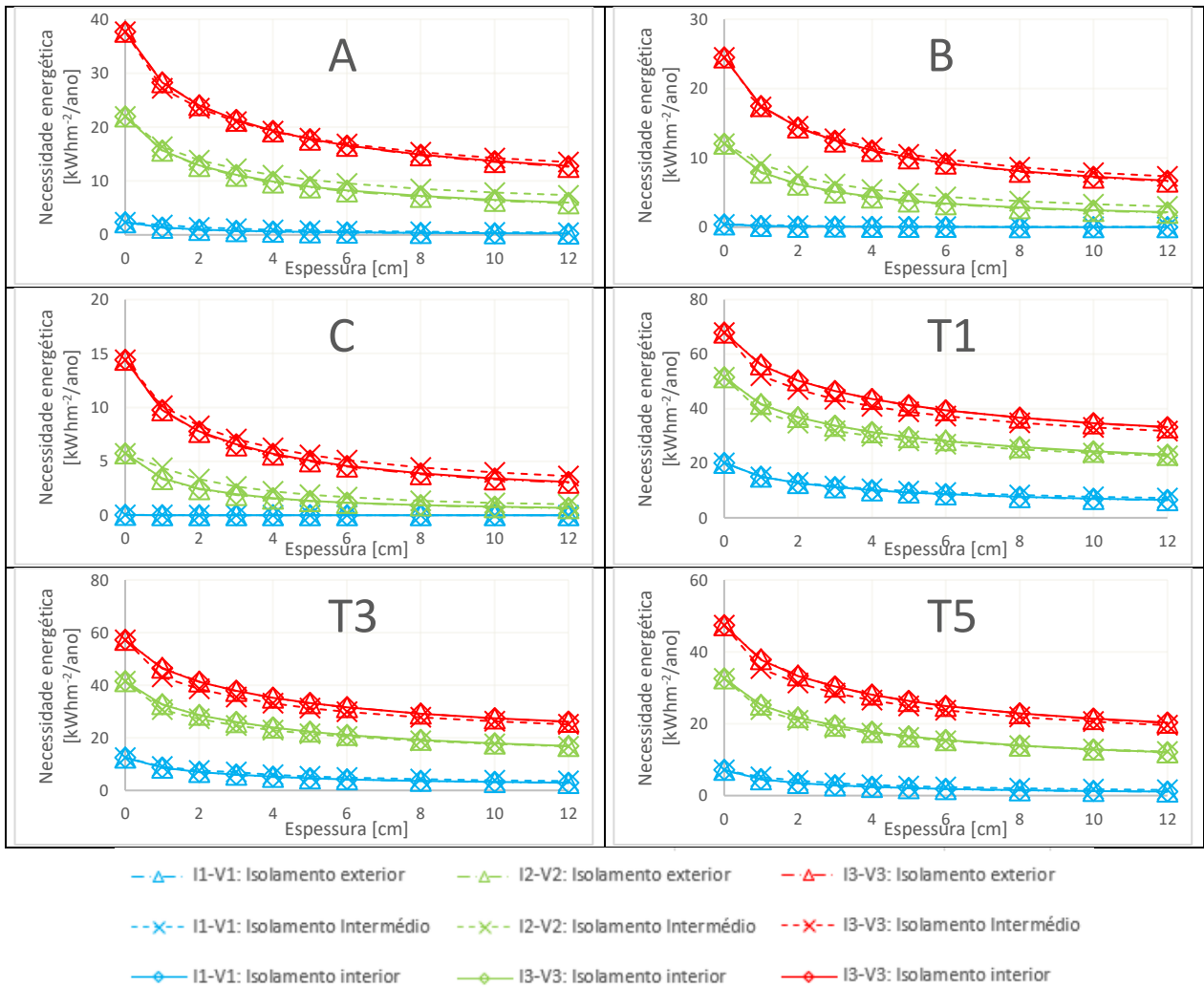


Figura C.30. Necessidade energética de aquecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

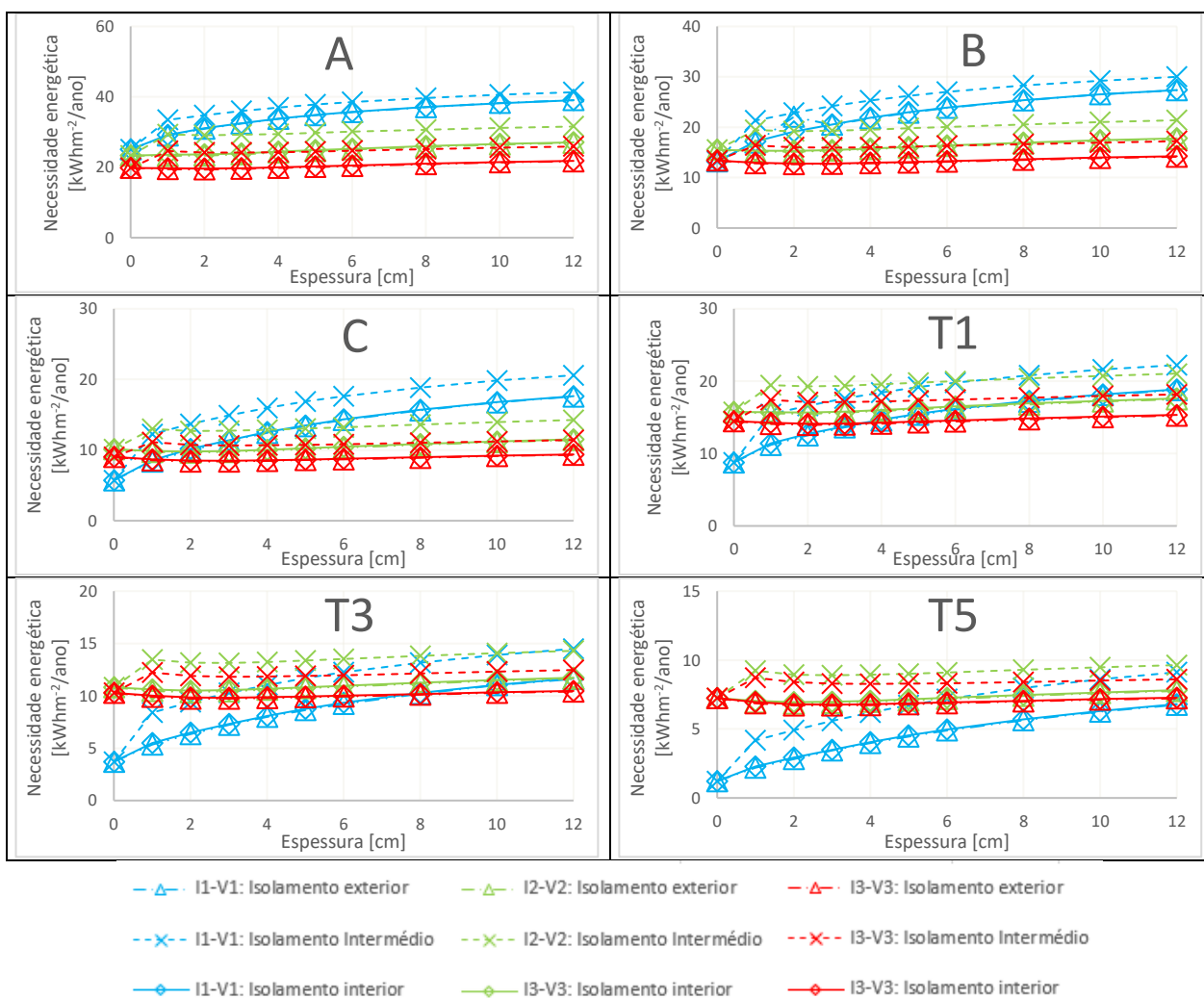


Figura C.31. Necessidade energética de arrefecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

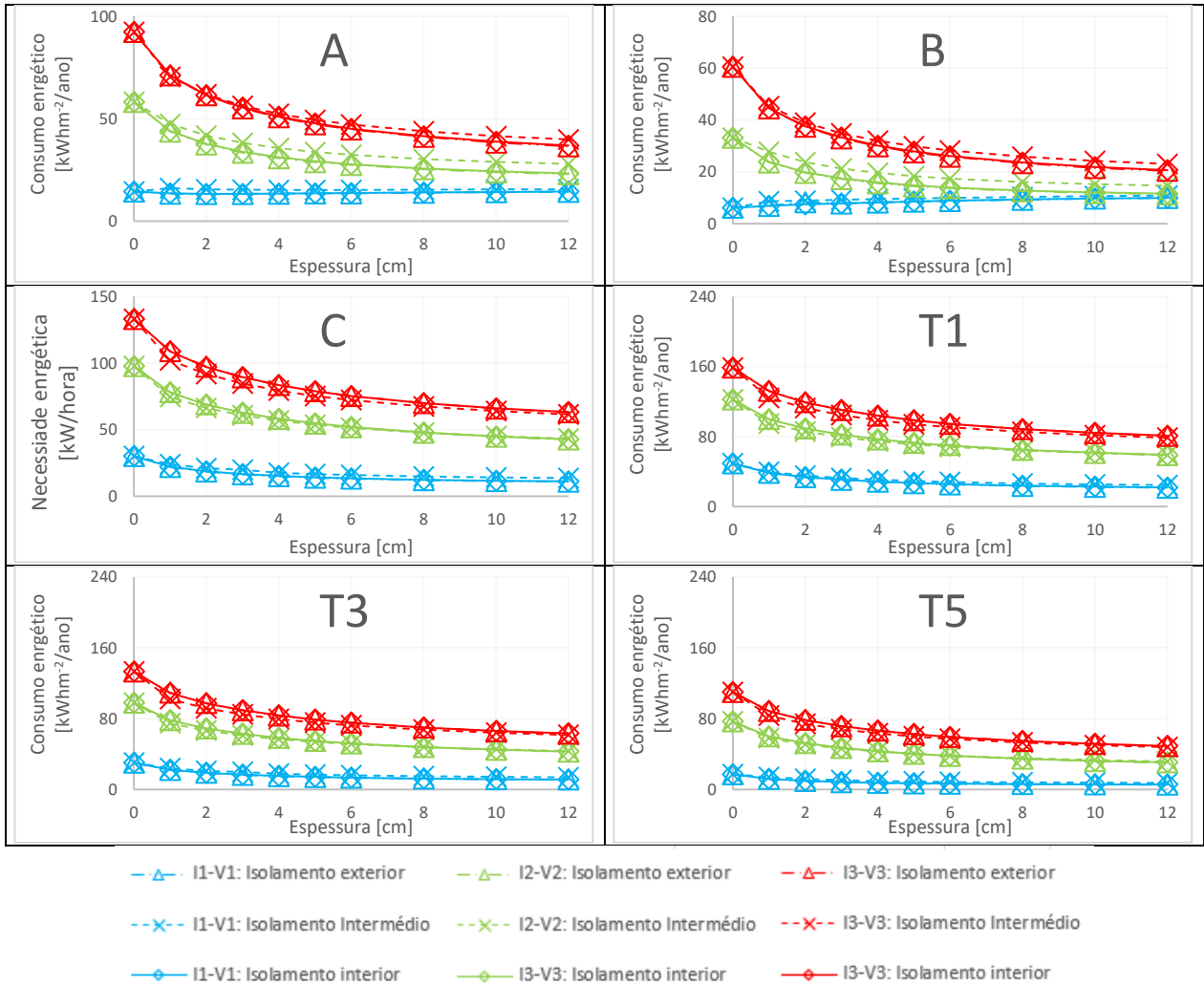


Figura C.32. Energia consumida pelo sistema AVAC da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

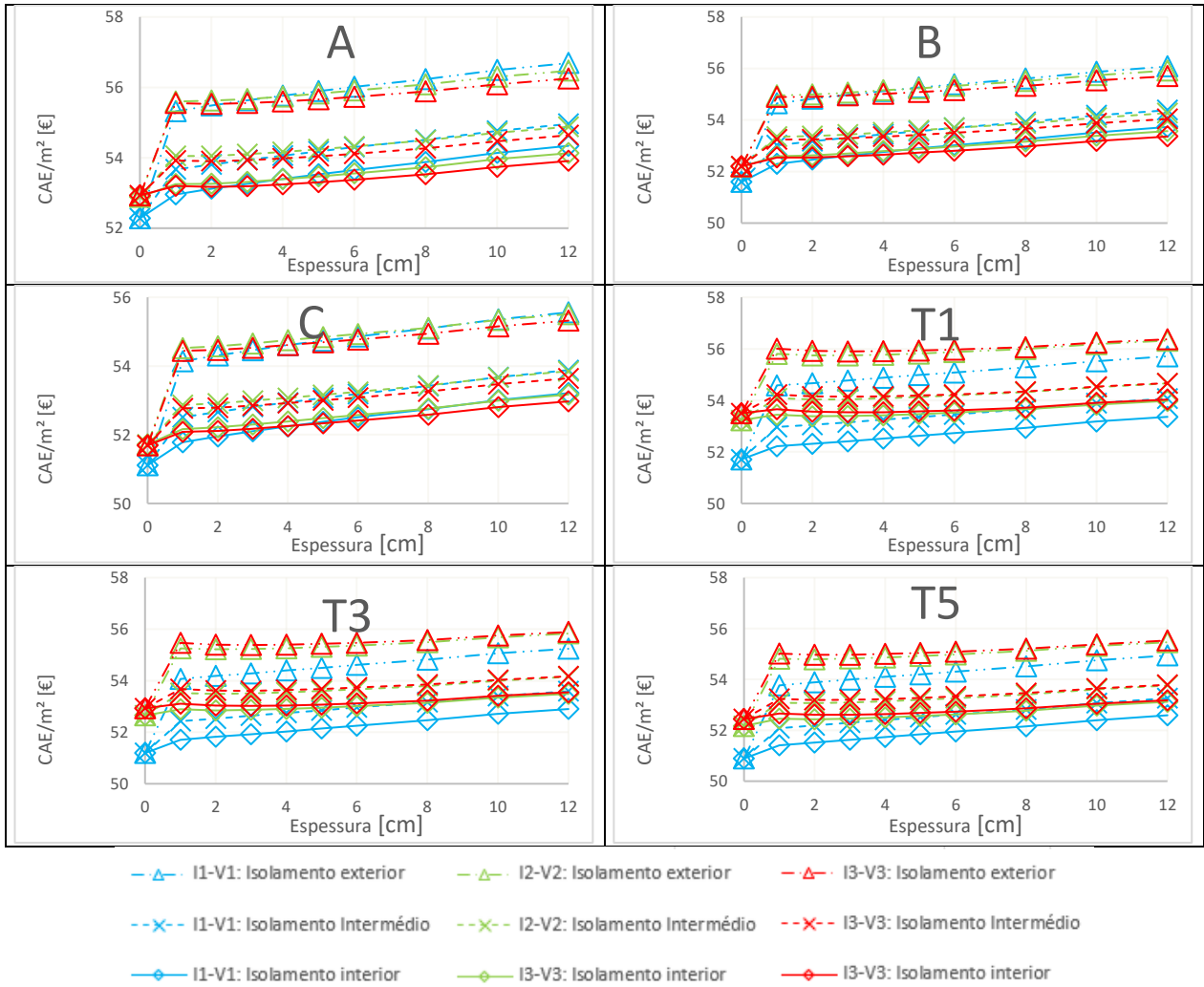


Figura C.33. CAE da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

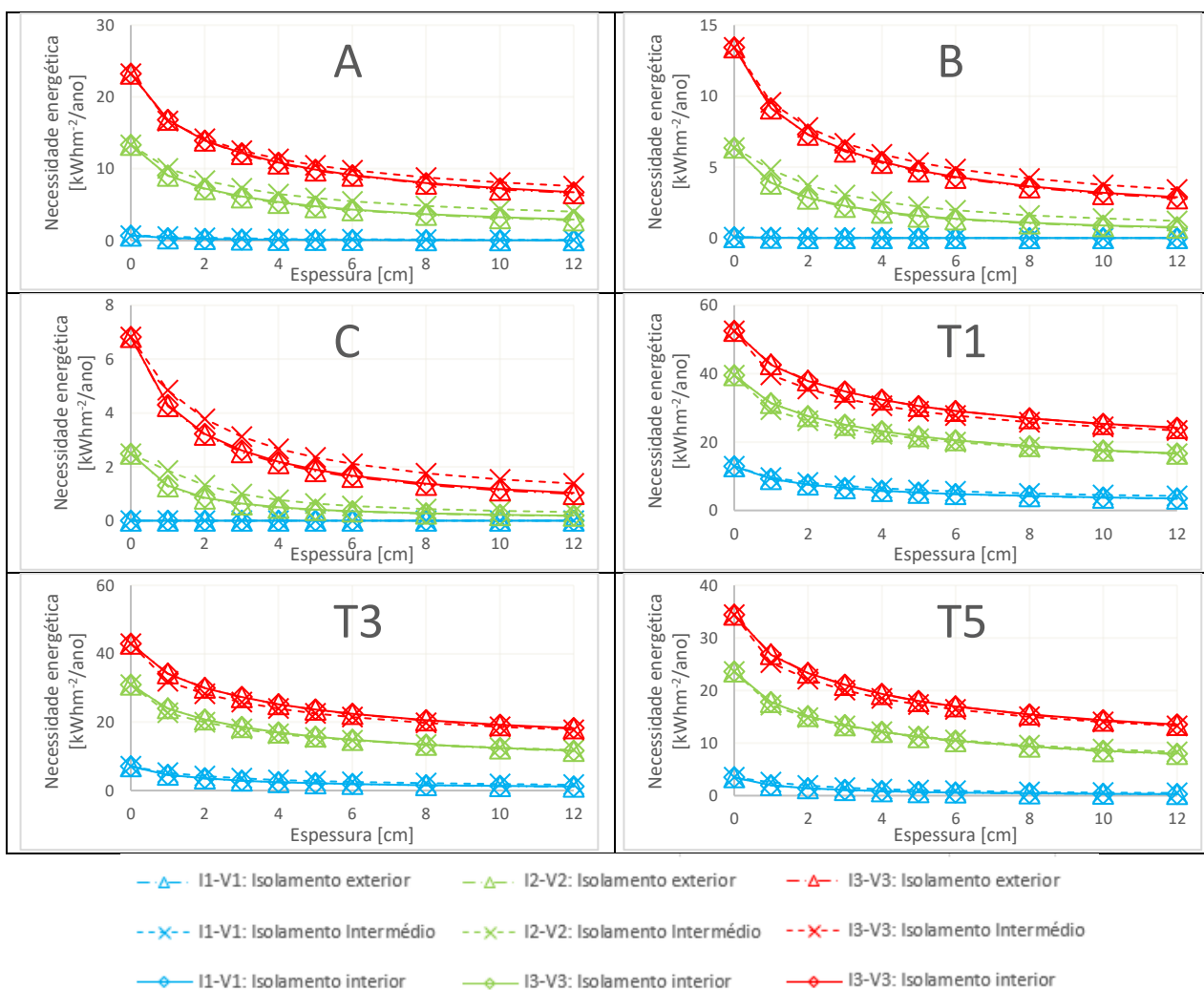


Figura C.34. Necessidade energética de aquecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

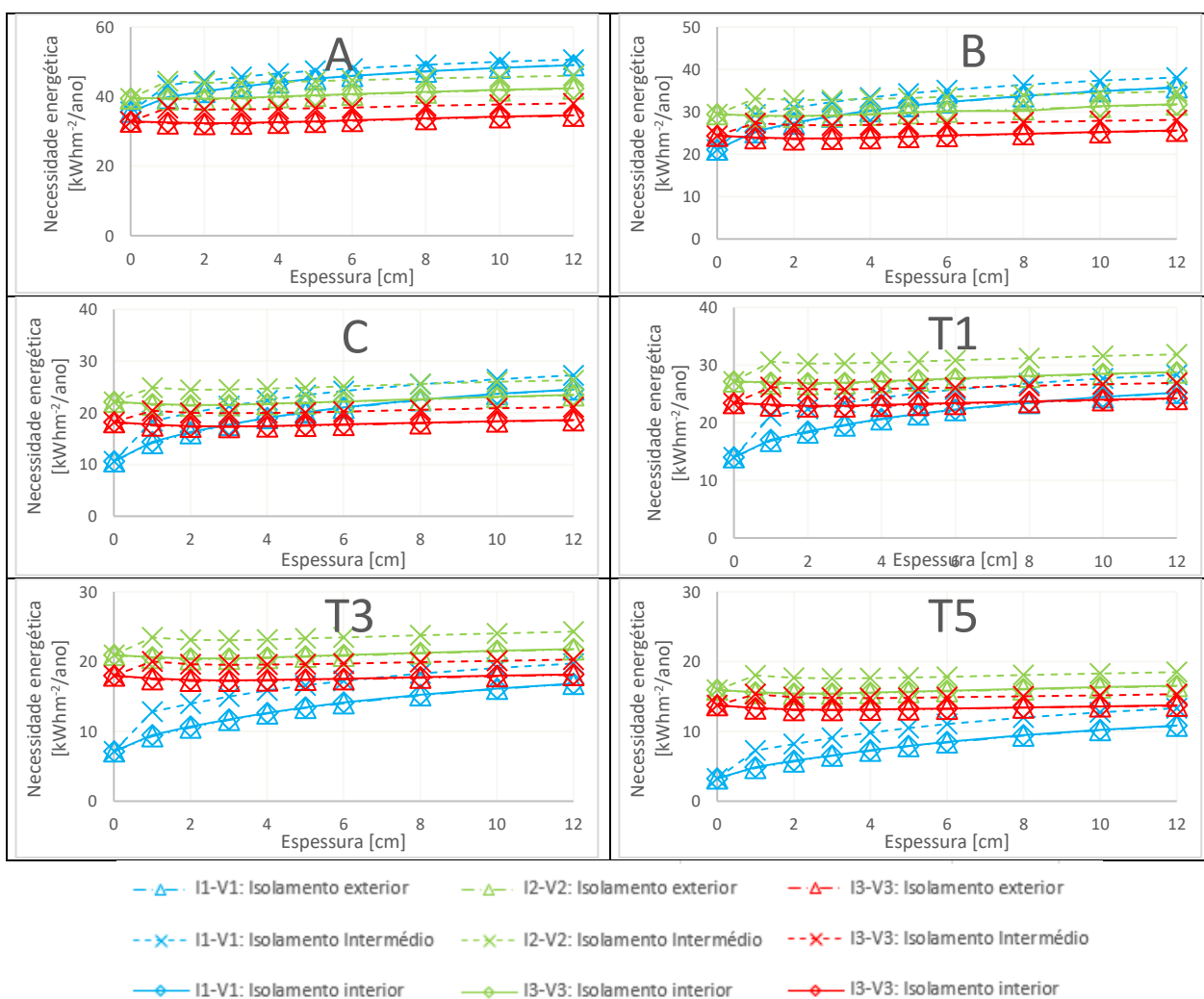


Figura C.35. Necessidade energética de arrefecimento da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

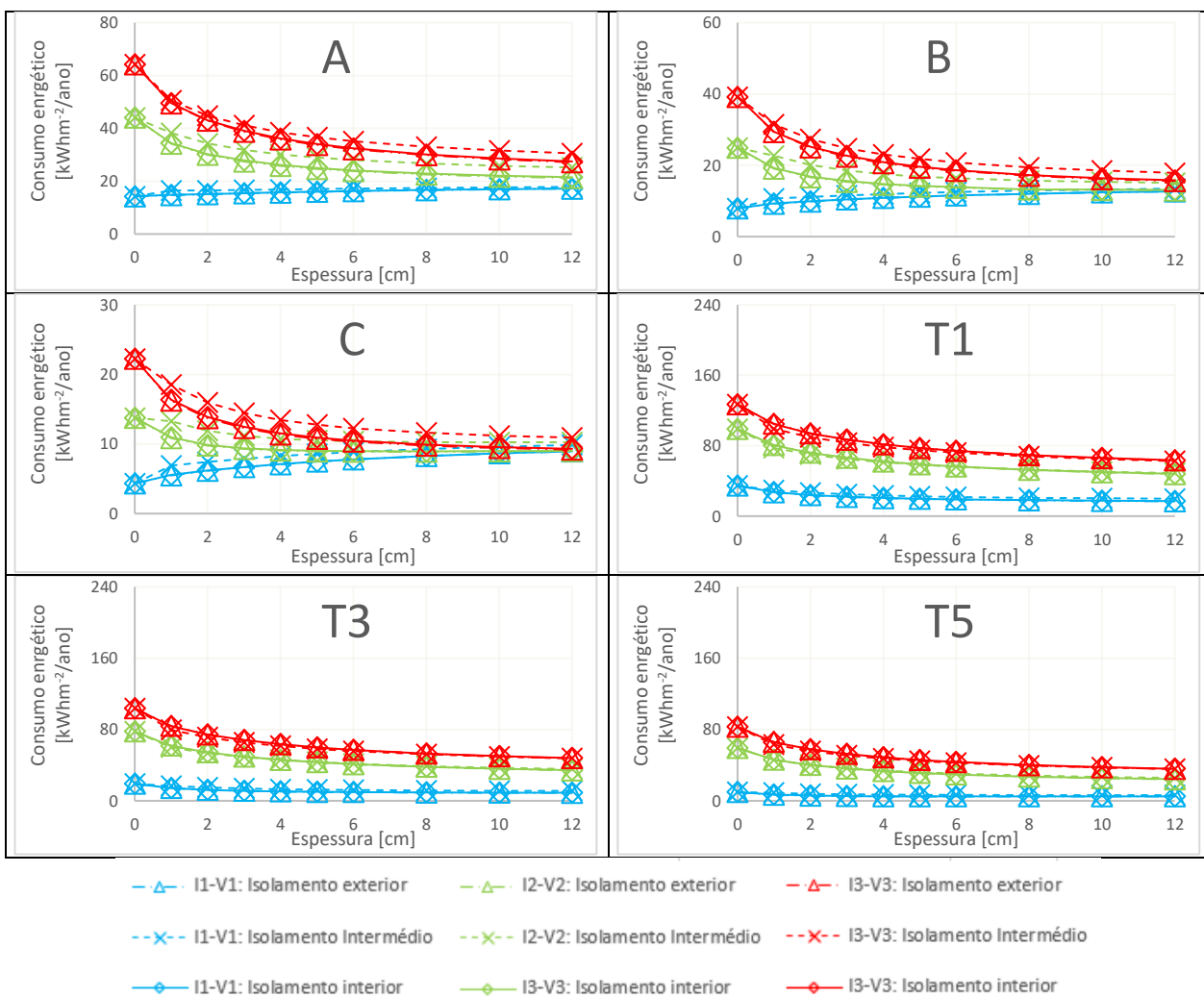


Figura C.36. Energia consumida pelo sistema AVAC da escola para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

Agência Bancária

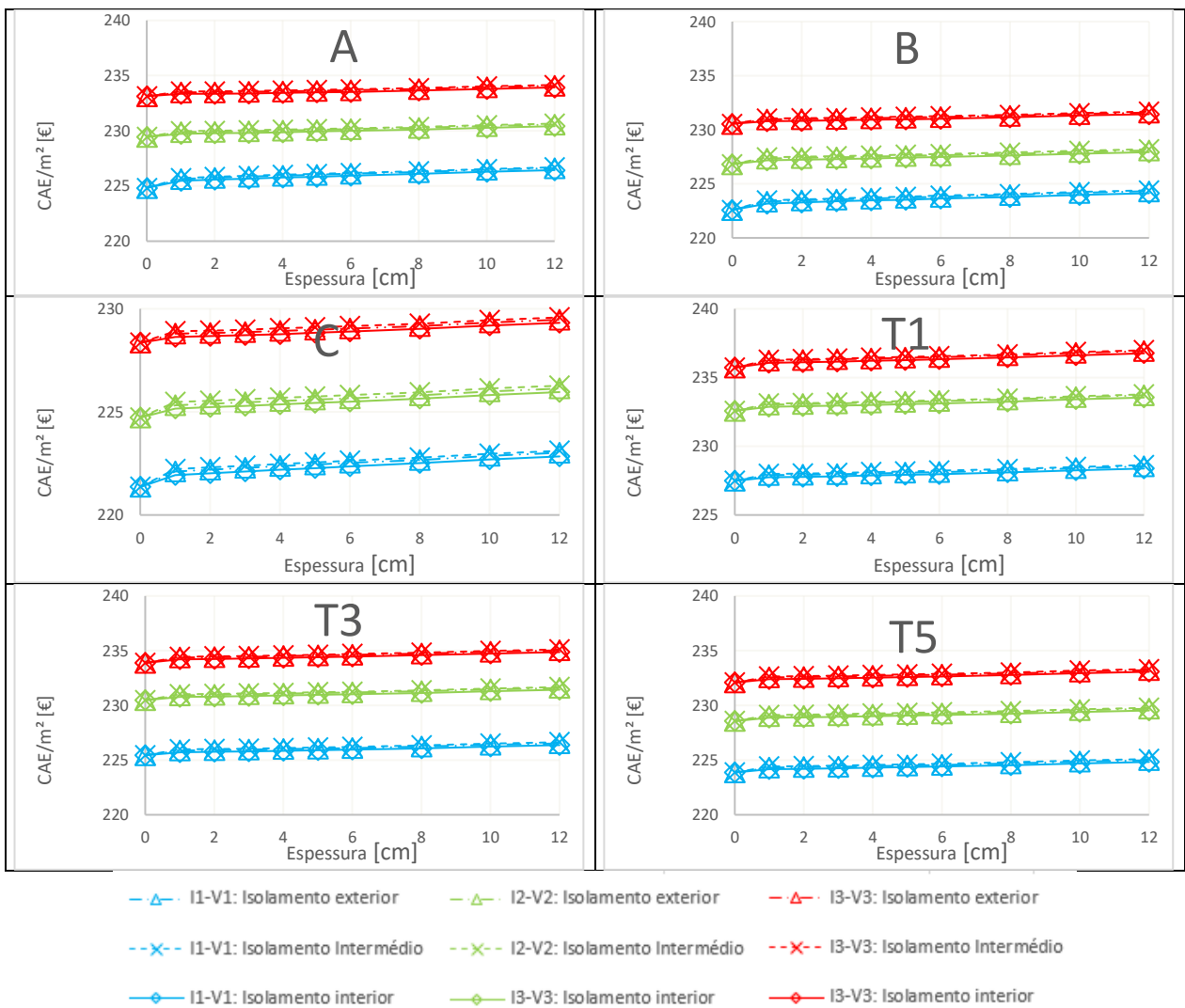


Figura C.37. CAE da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

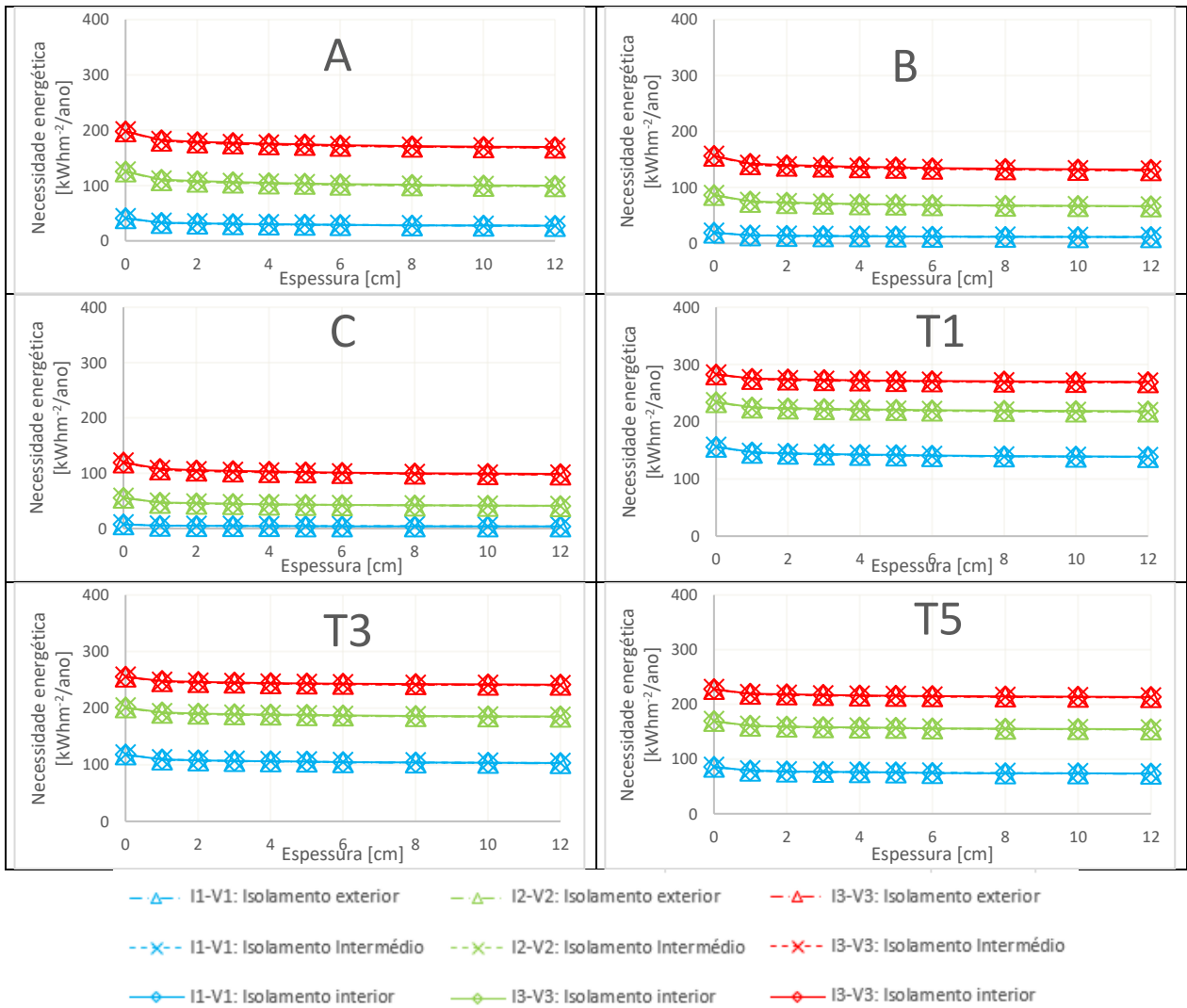


Figura C.38. Necessidade energética de aquecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

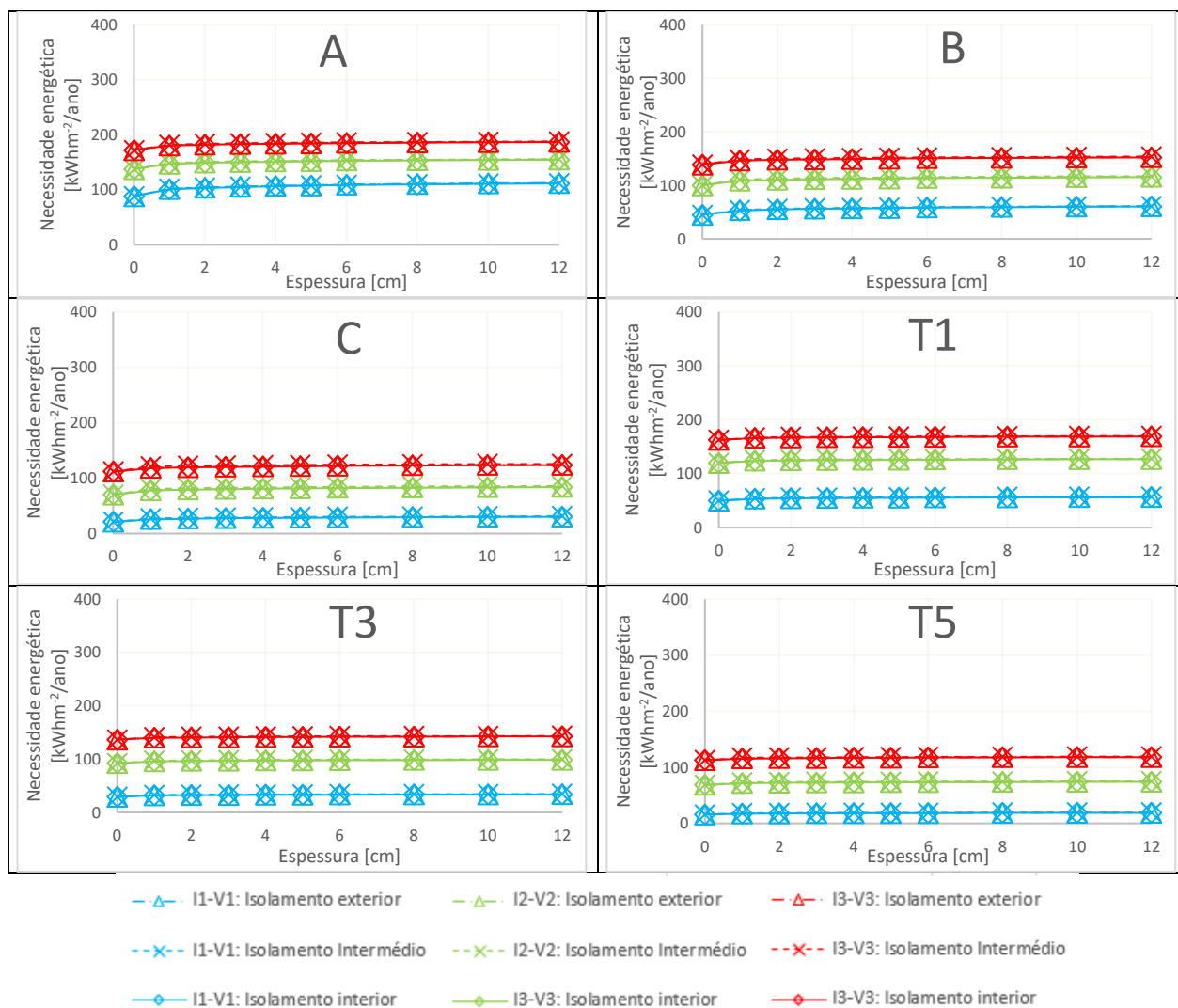


Figura C.39. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

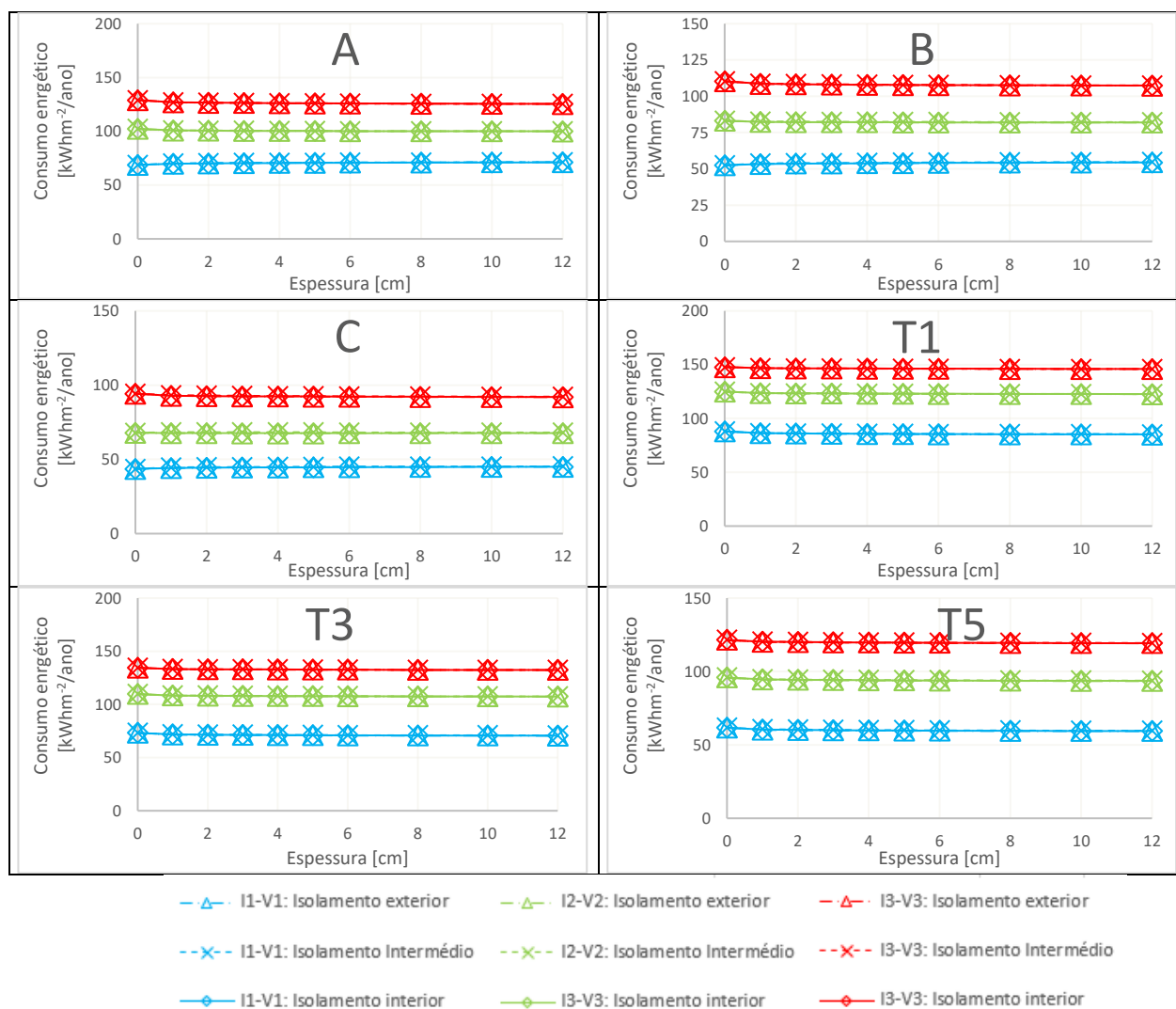


Figura C.40. Energia consumida pelo sistema AVAC da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

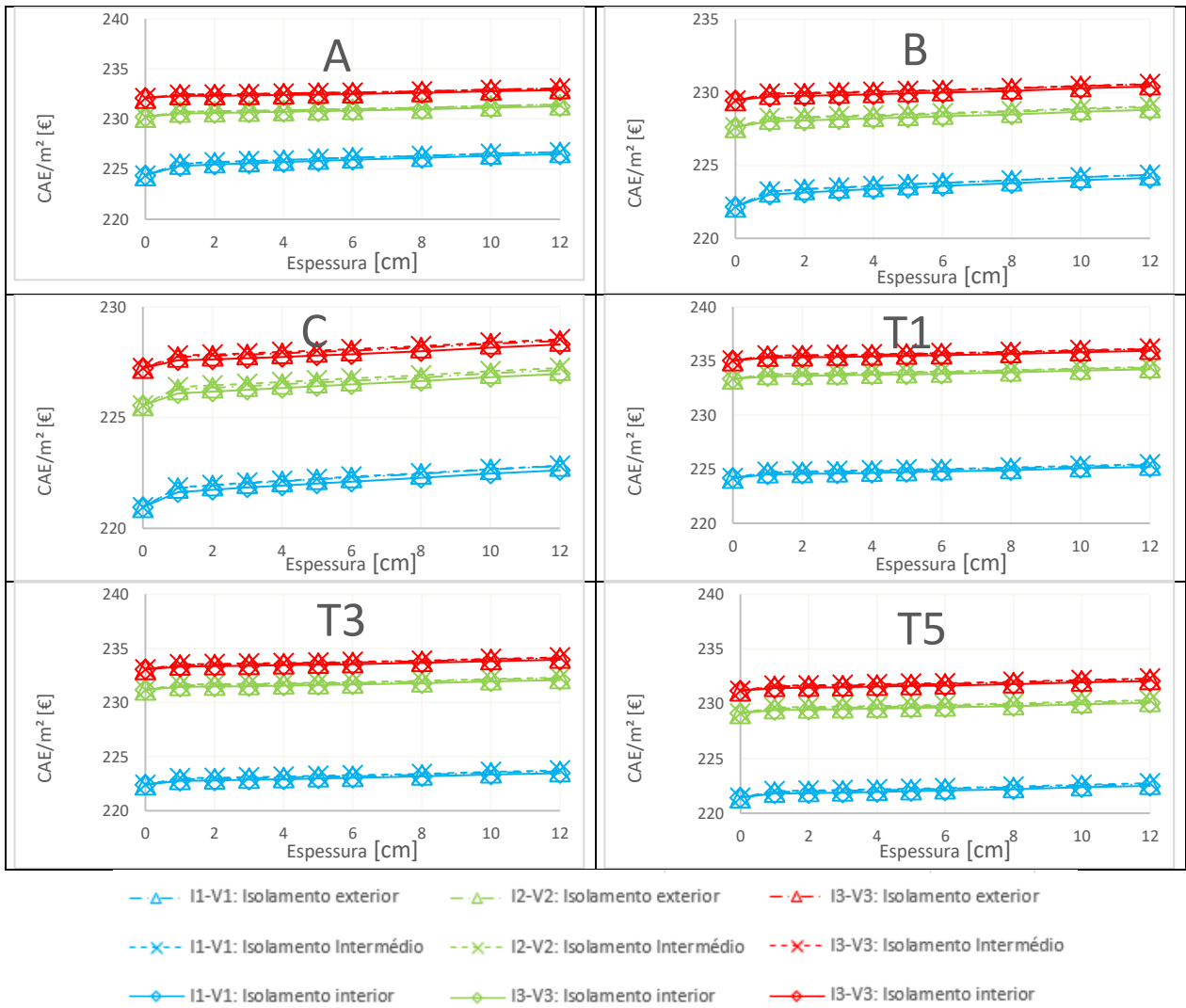


Figura C.41. CAE da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

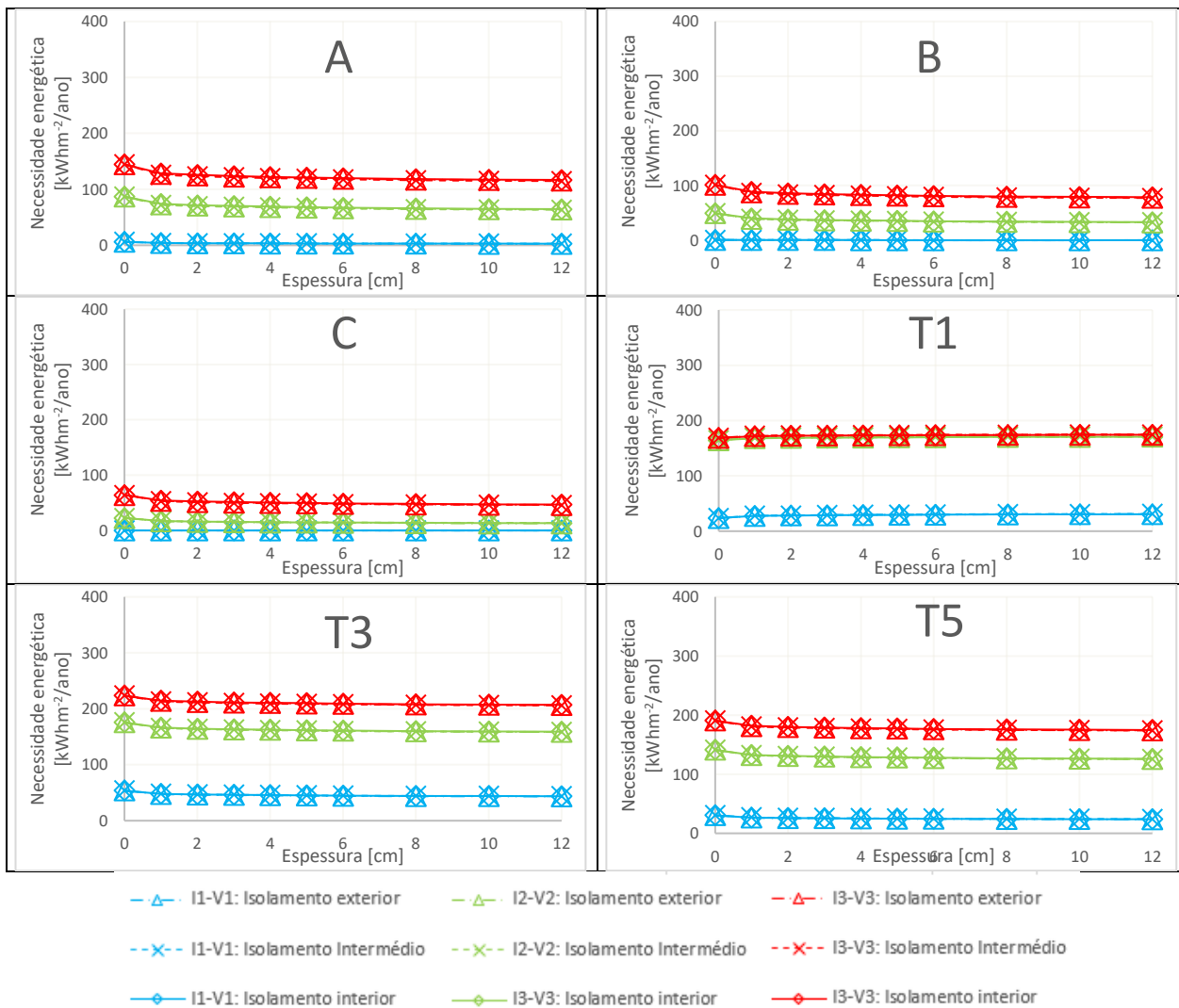


Figura C.42. Necessidade energética de aquecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

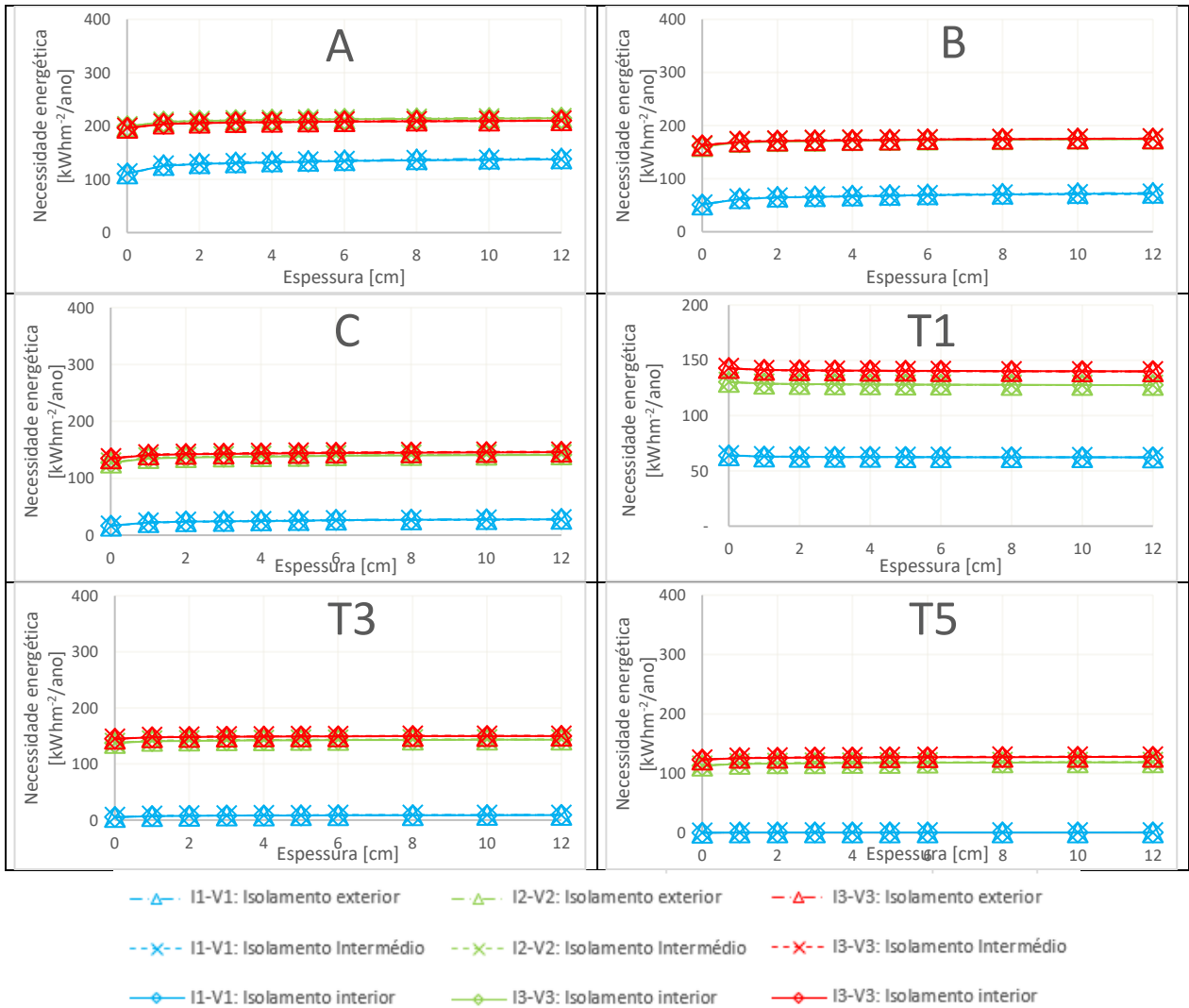


Figura C.43. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

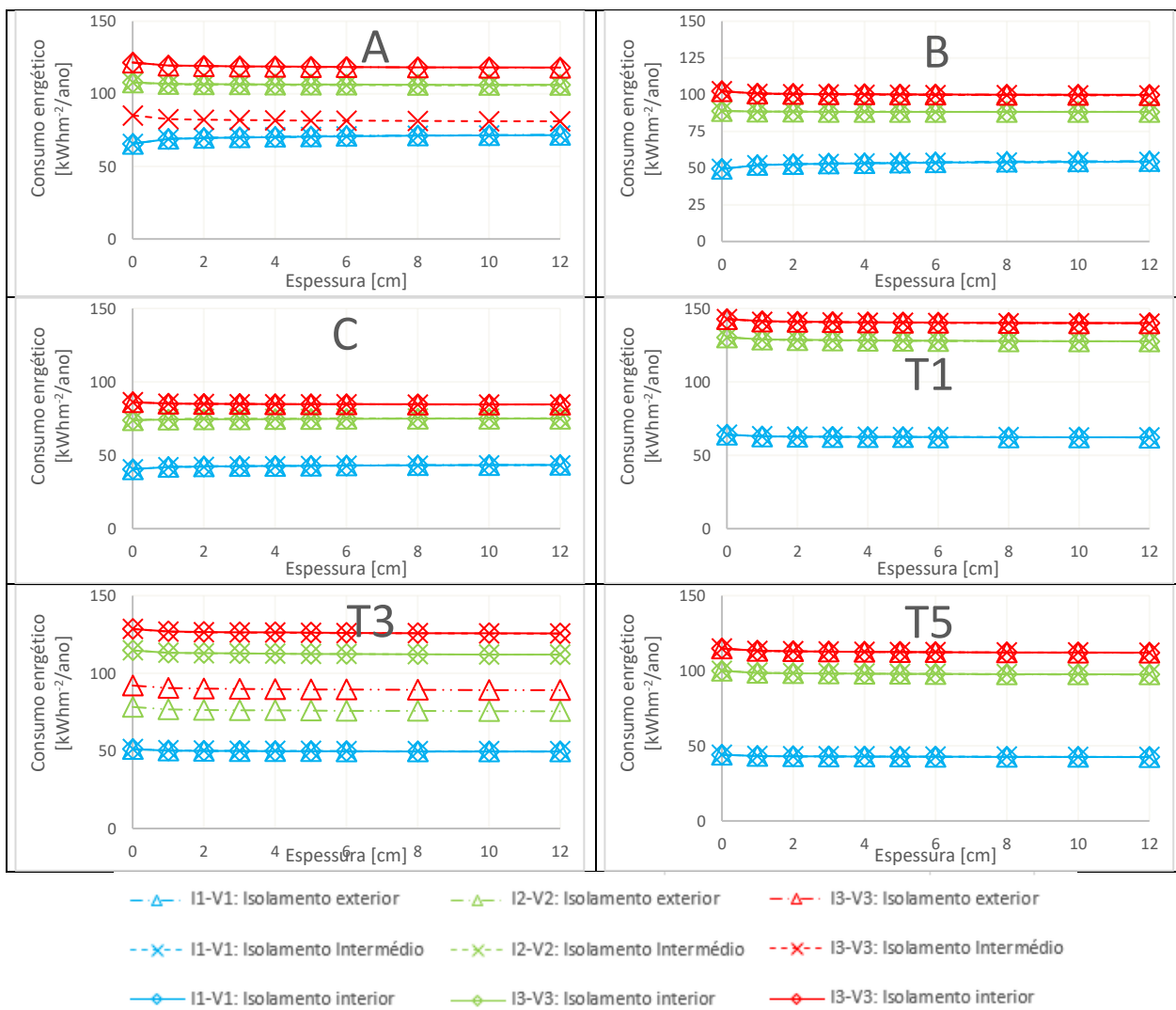


Figura C.44. Energia consumida pelo sistema AVAC da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

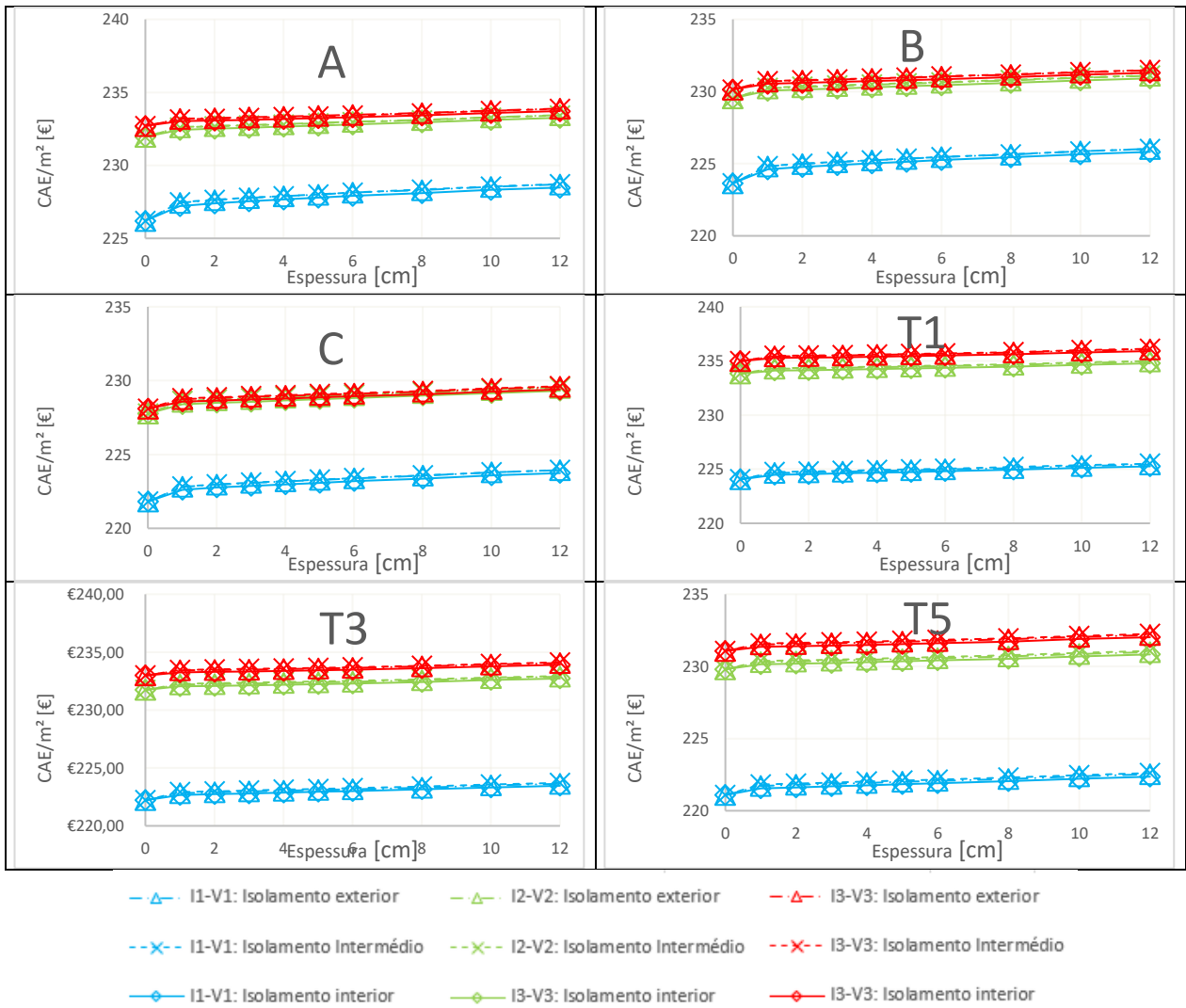


Figura C.45. CAE da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

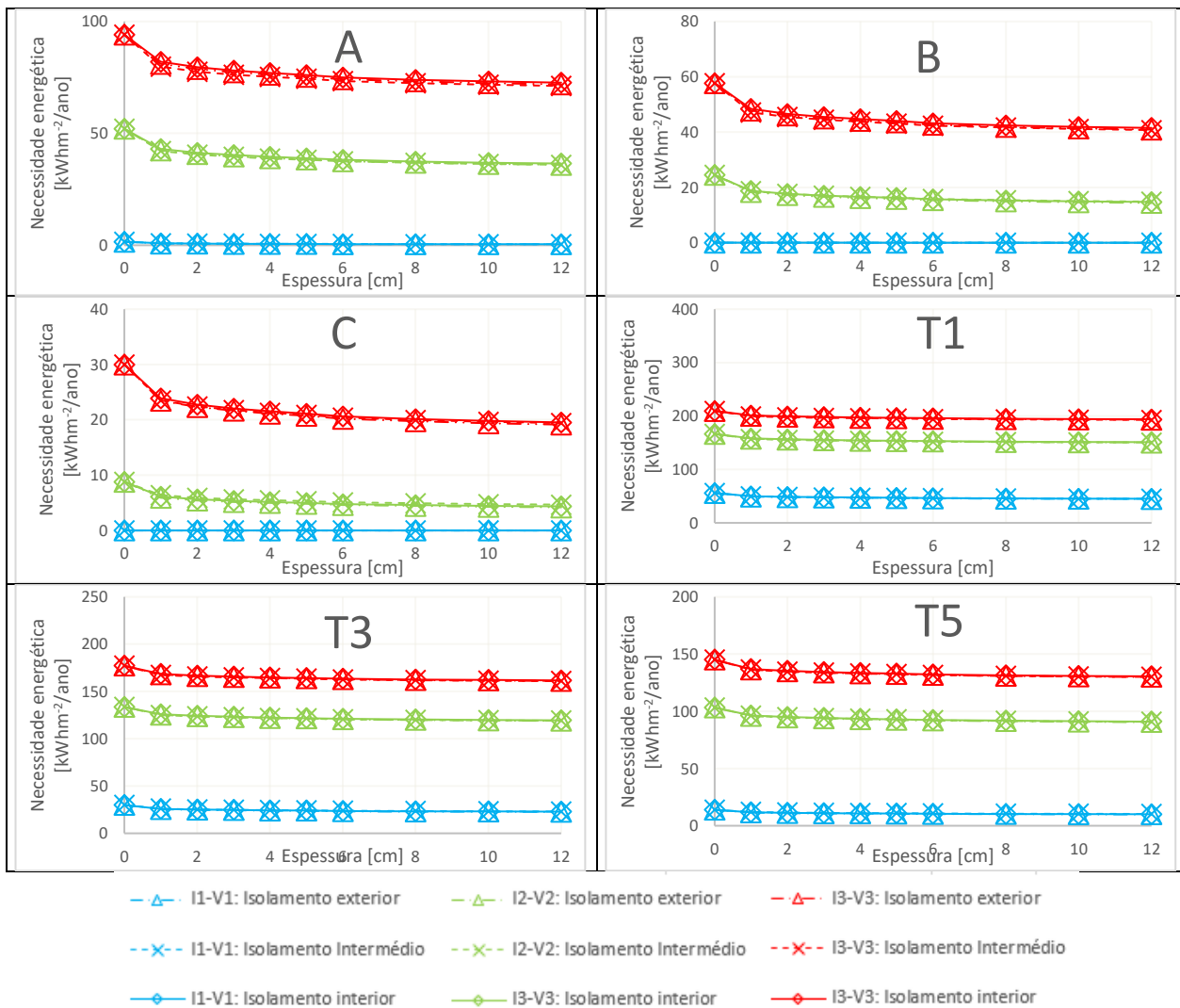


Figura C.46. Necessidade energética de aquecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

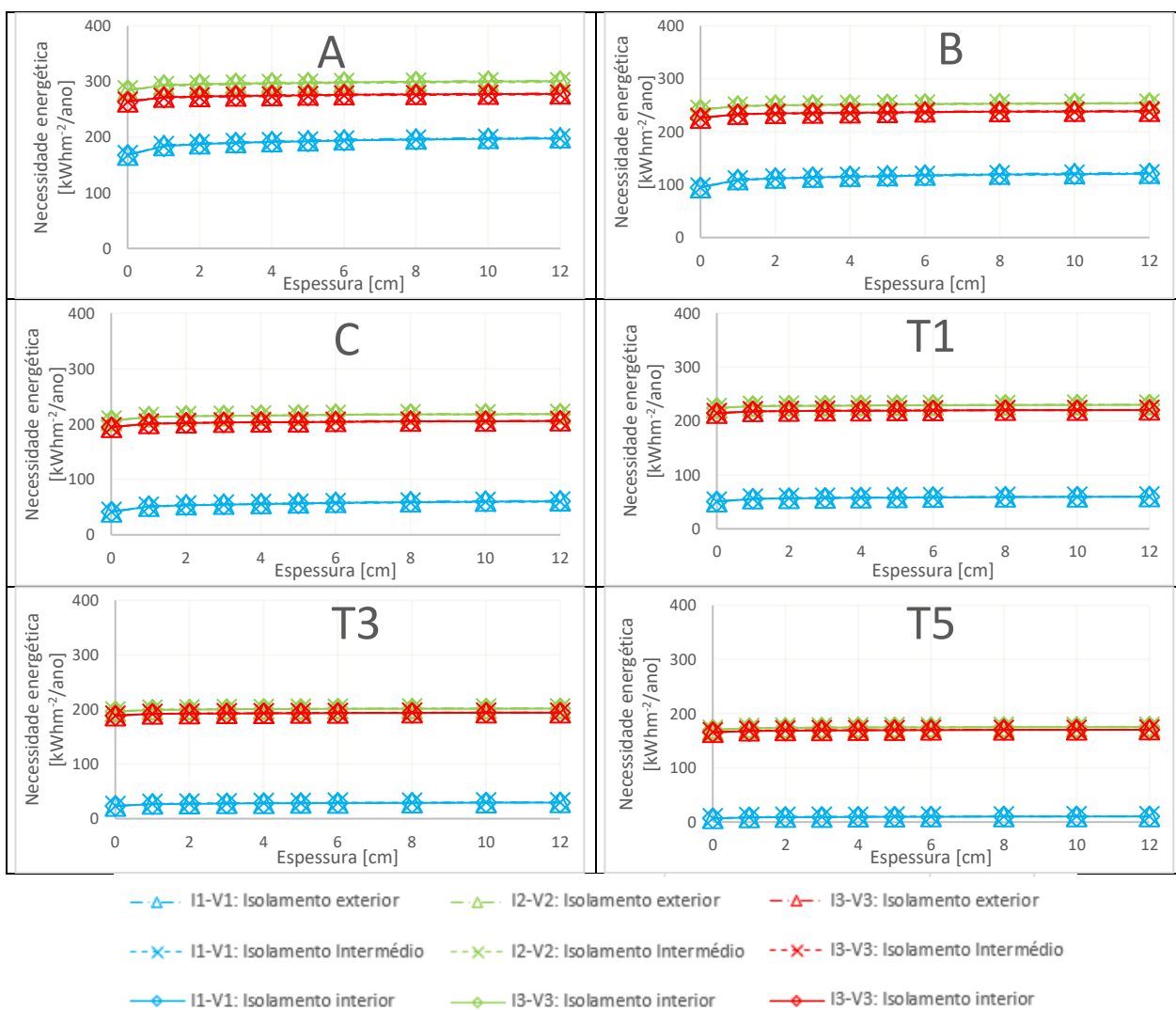


Figura C.47. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

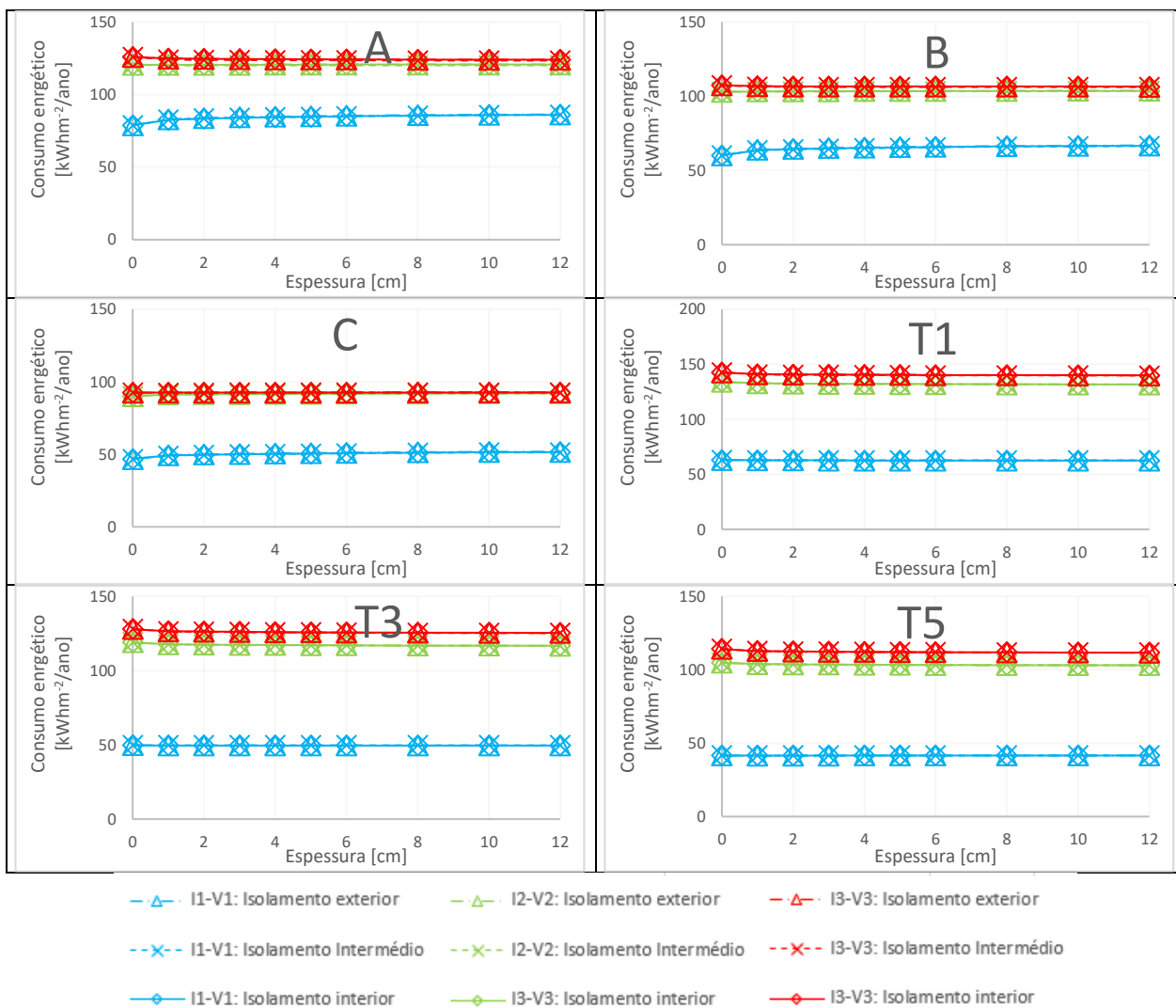


Figura C.48 Energia consumida pelo sistema AVAC da agência bancária para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

Clínica

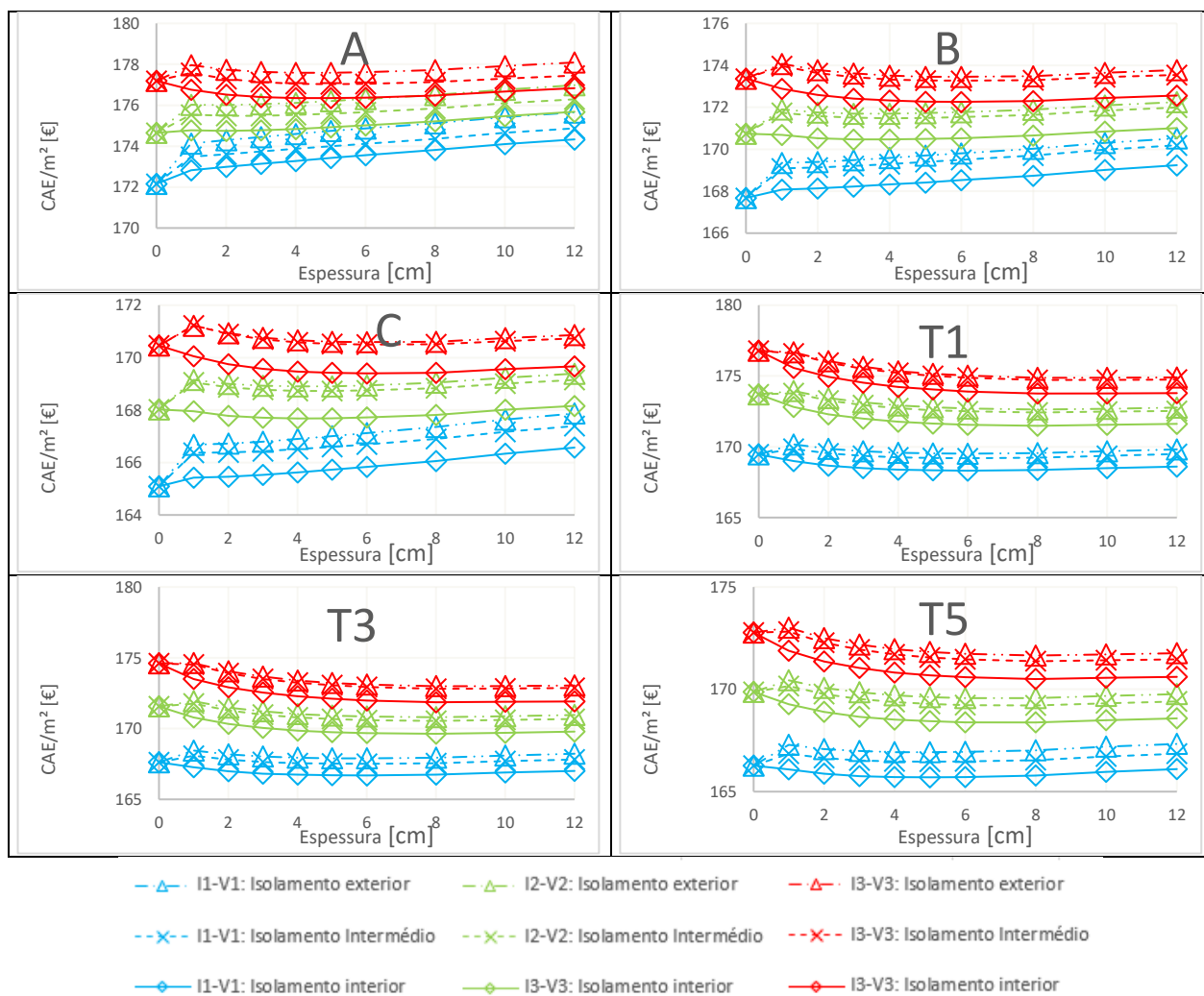


Figura C.49. CAE da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

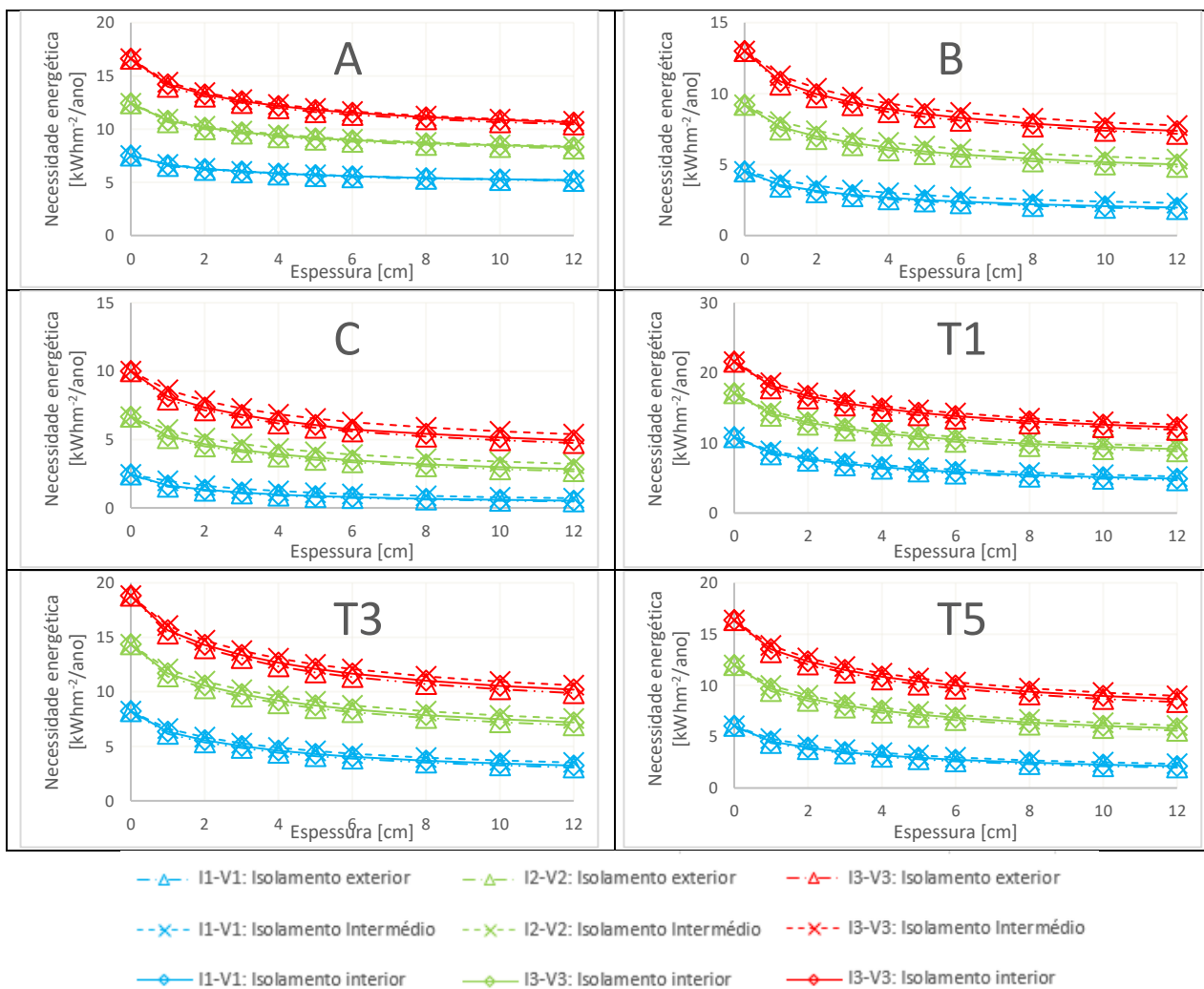


Figura C.50. Necessidade energética de aquecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

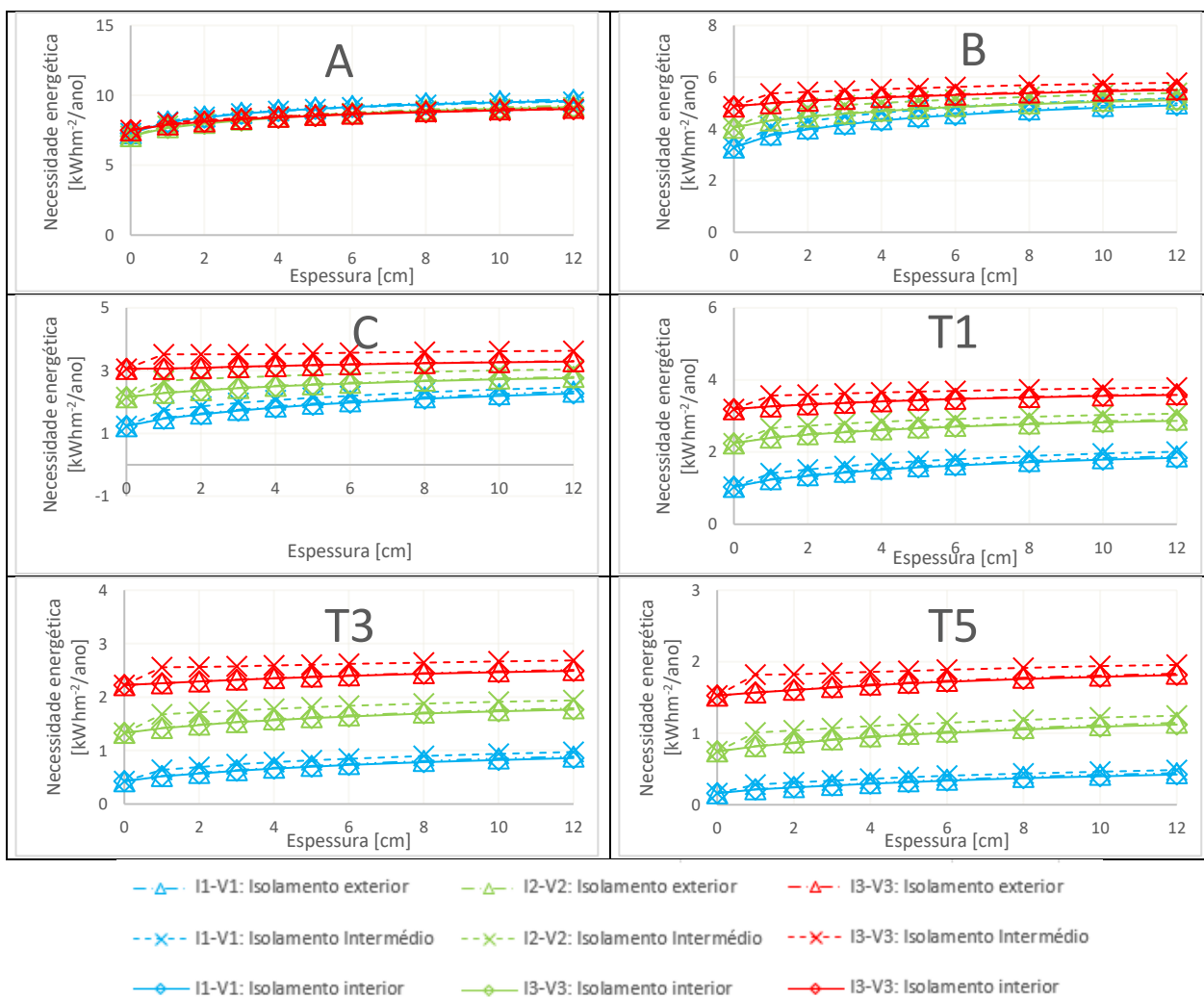


Figura C.51. Necessidade energética de arrefecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

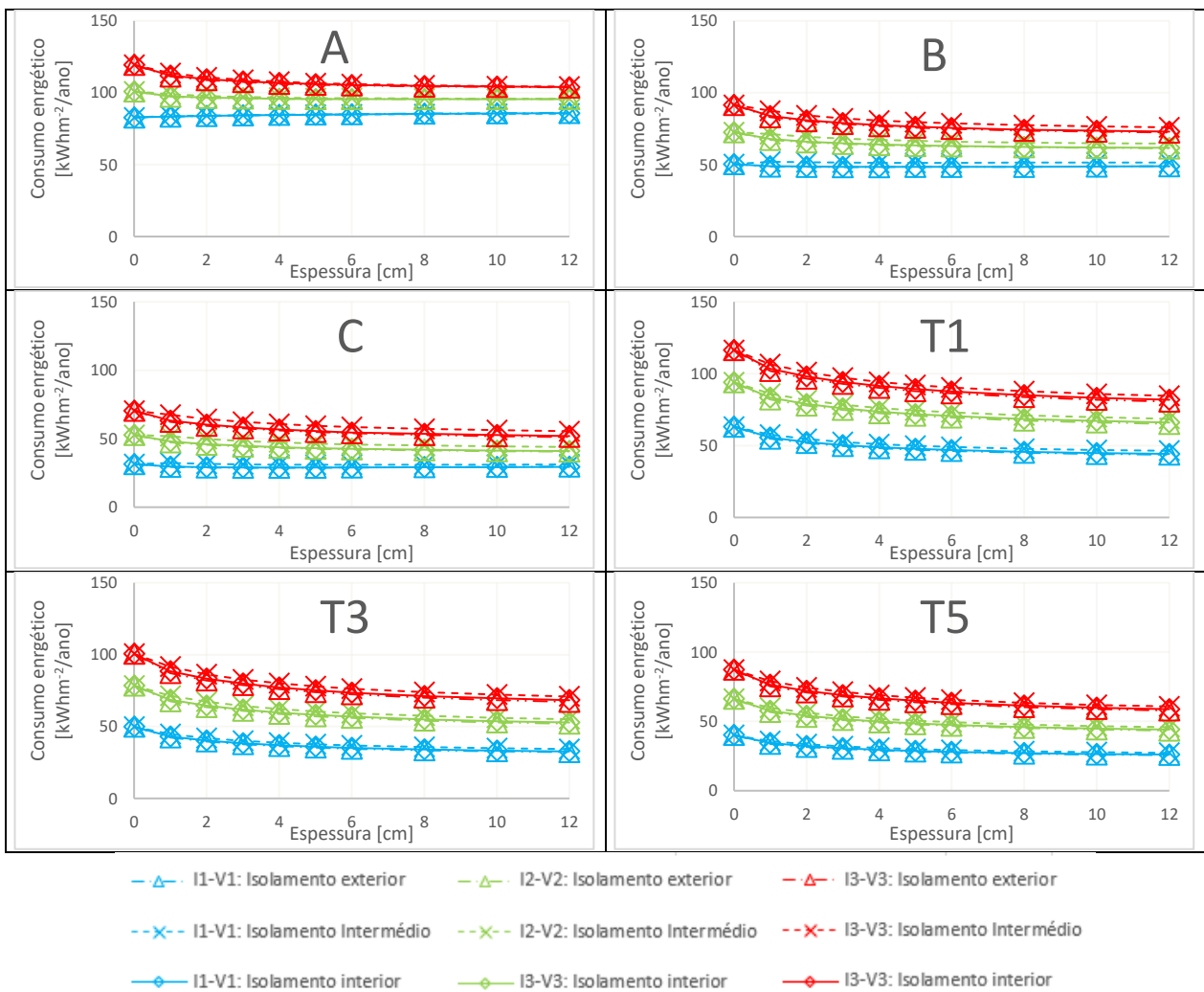


Figura C.52. Energia consumida pelo sistema AVAC da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

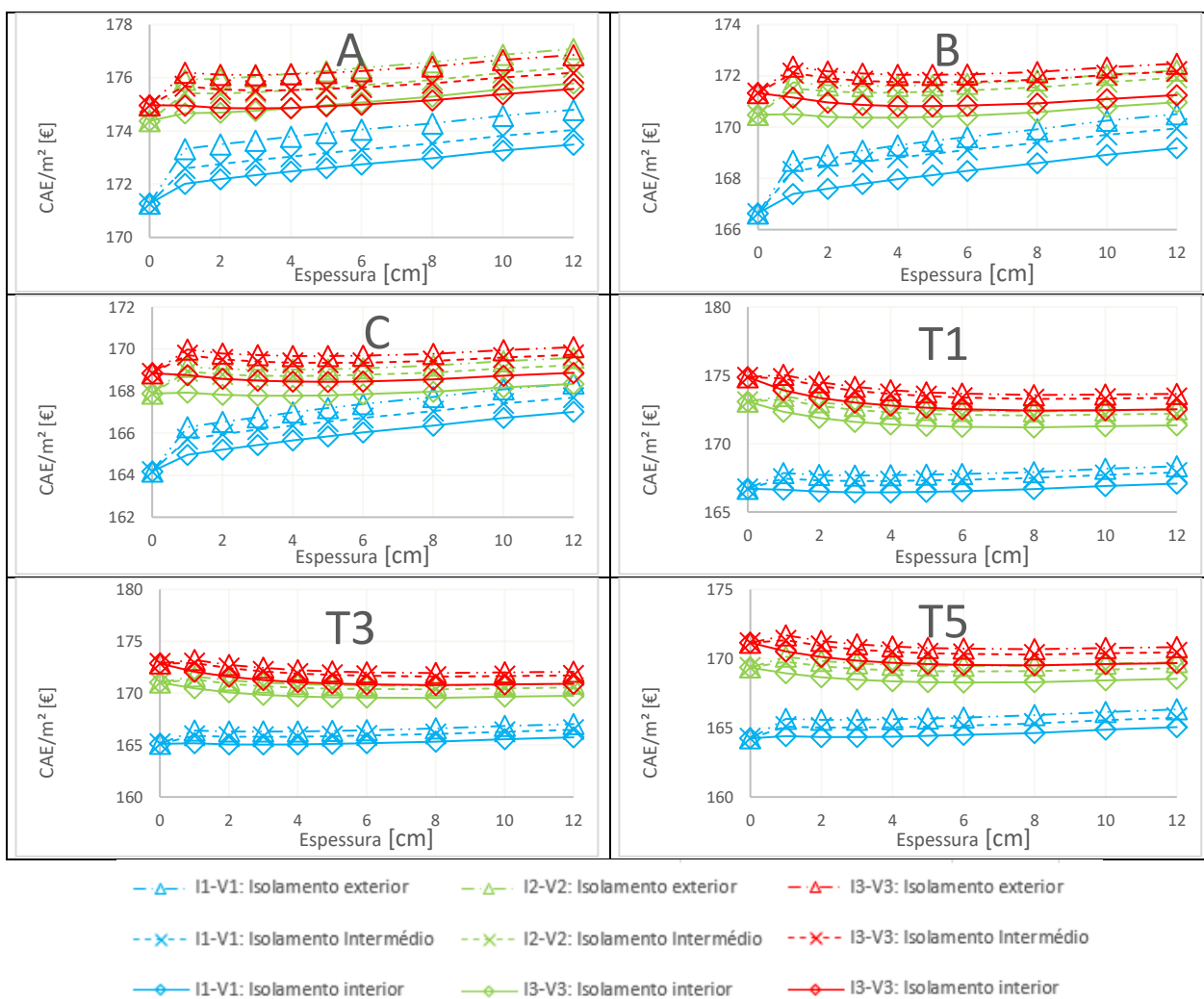


Figura C.53. CAE da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

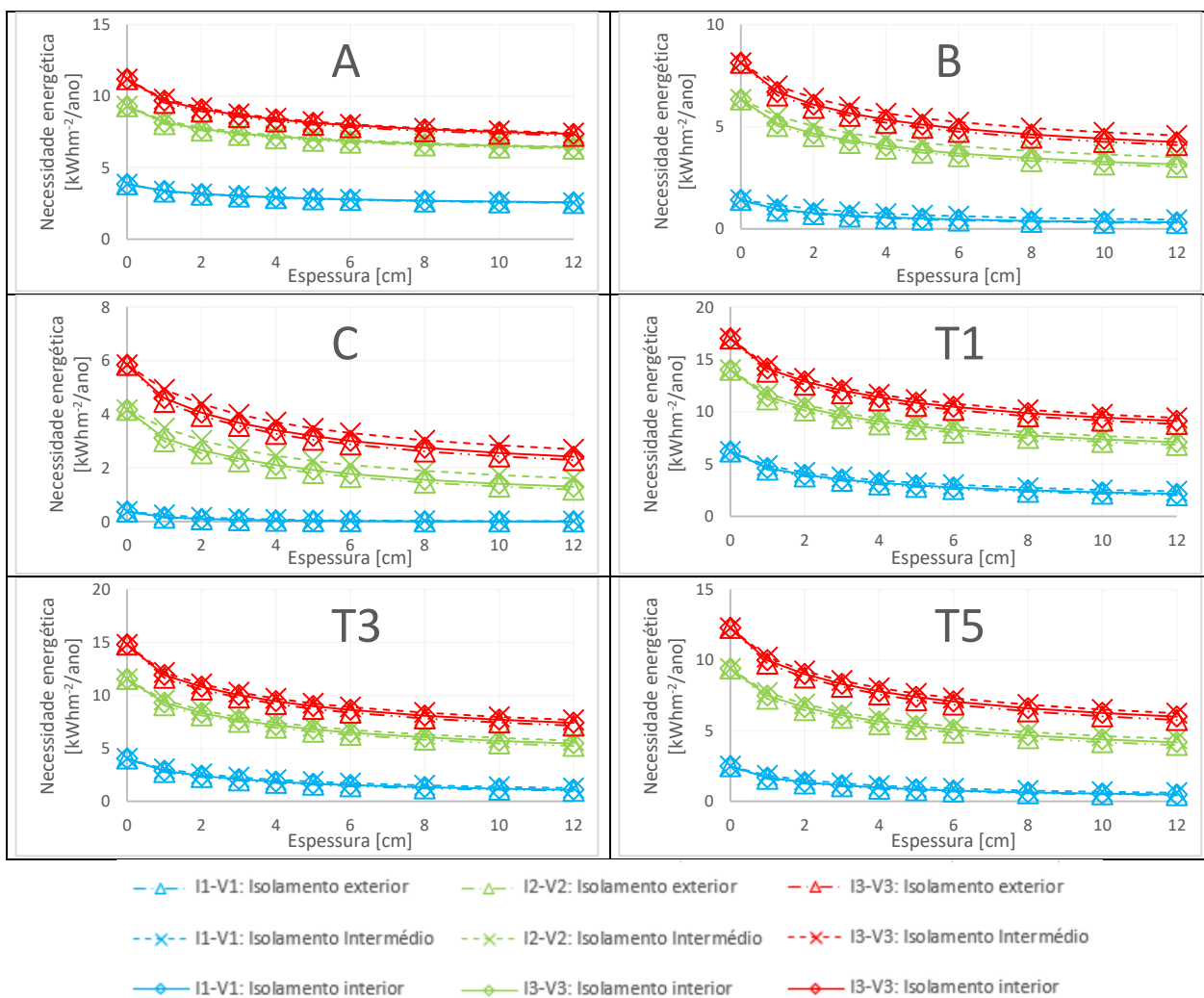


Figura C.54. Necessidade energética de aquecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

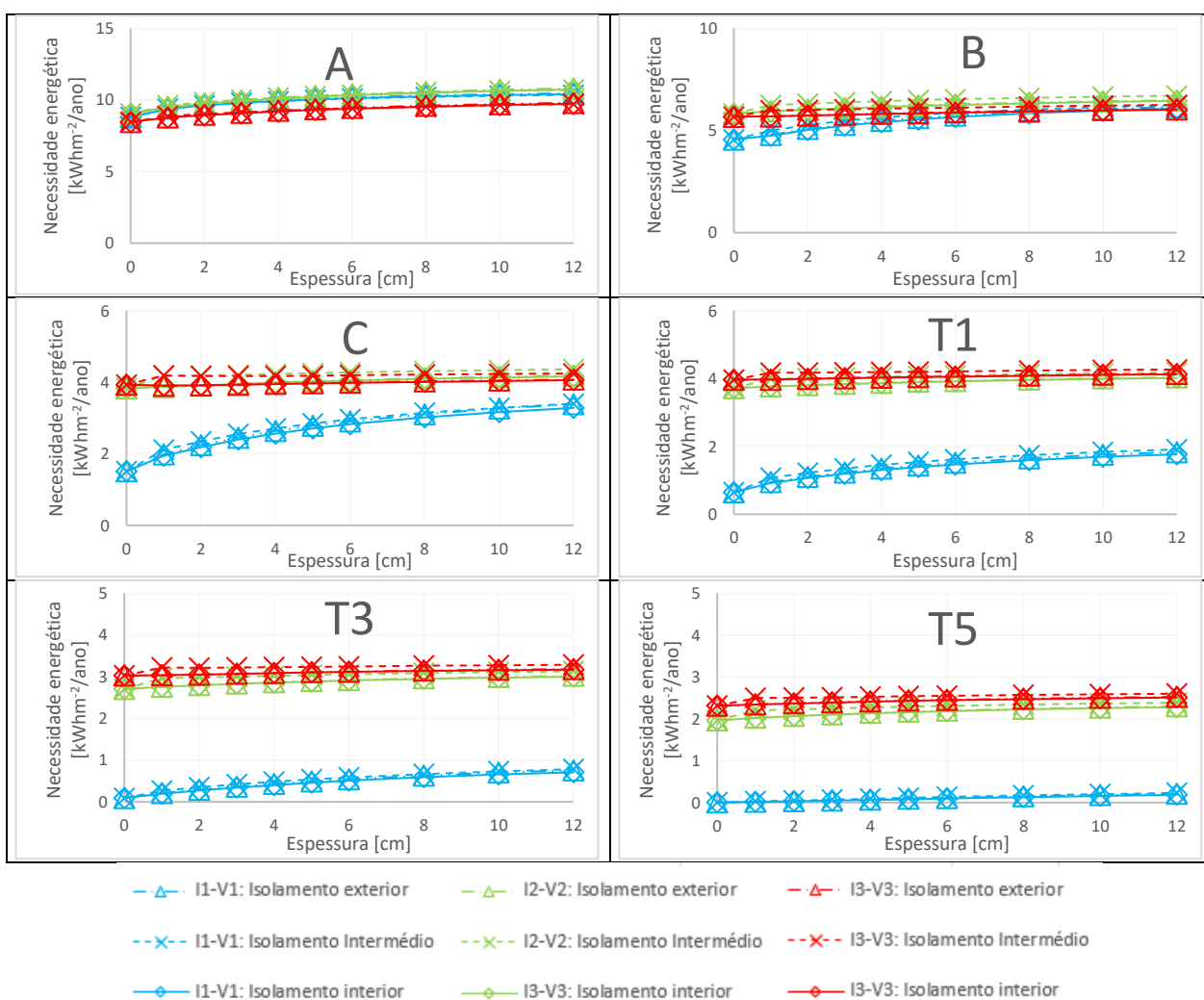


Figura C.55. Necessidade energética de arrefecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

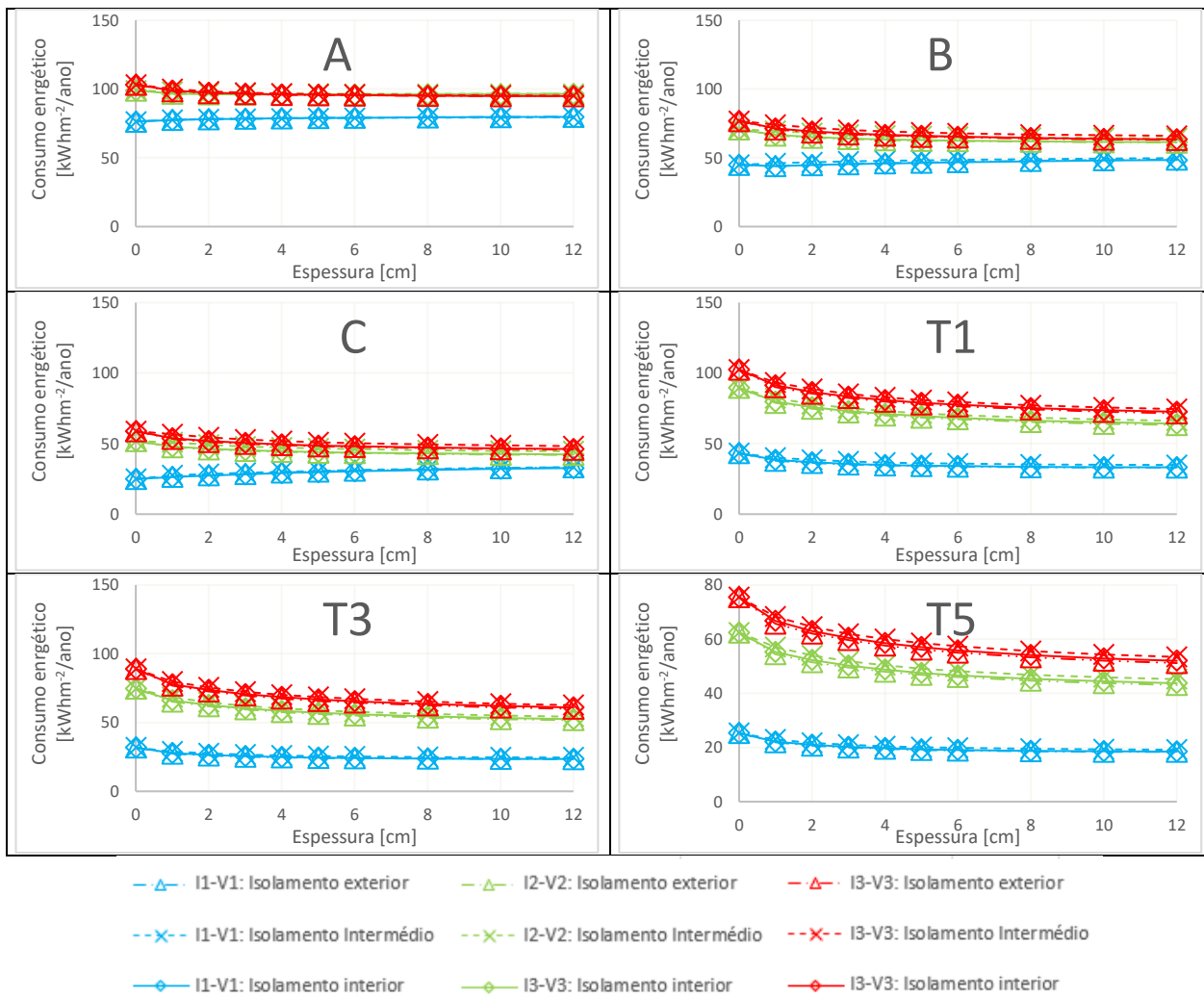


Figura C.56. Energia consumida pelo sistema AVAC da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

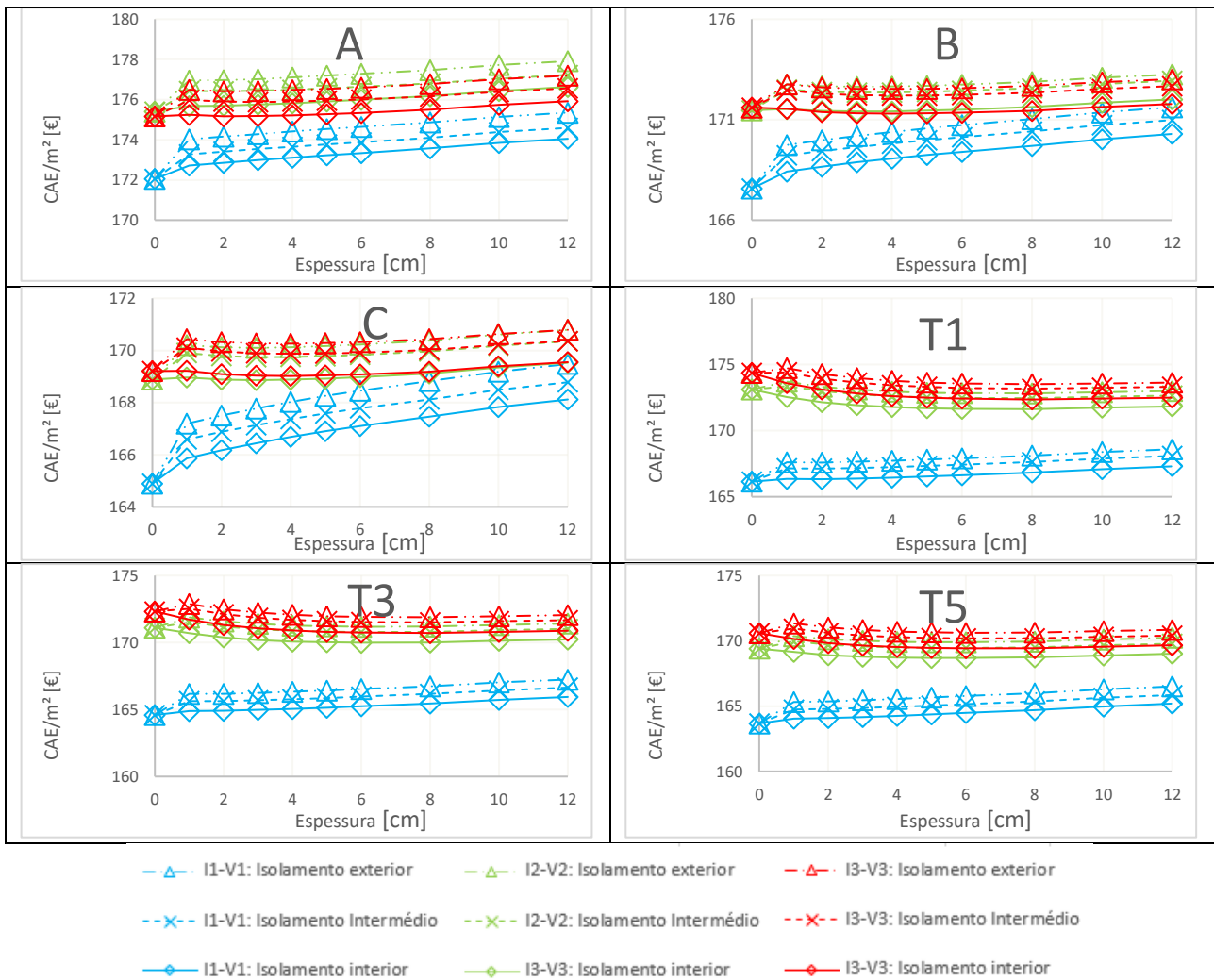


Figura C.57. CAE da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

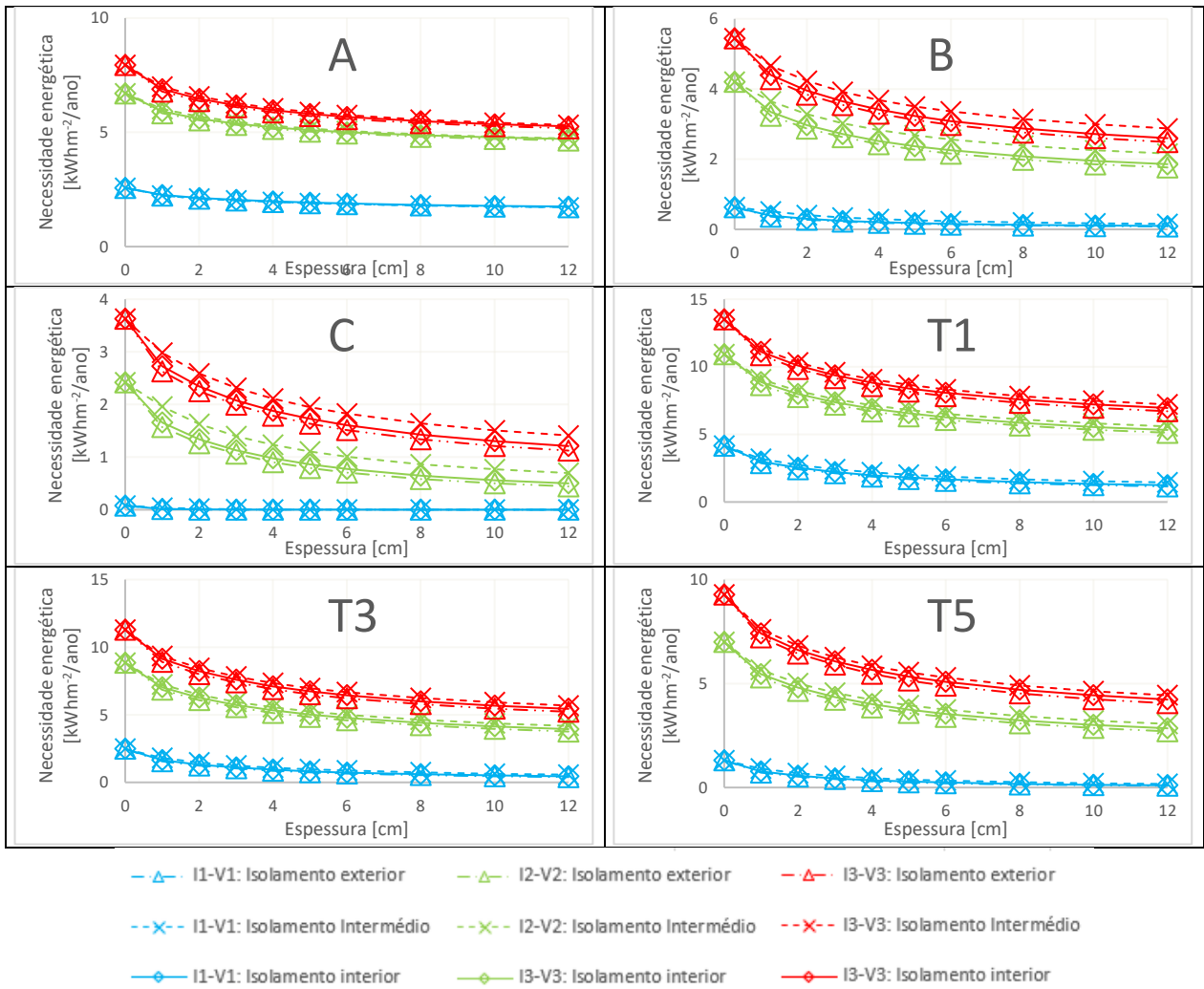


Figura C.58. Necessidade energética de aquecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

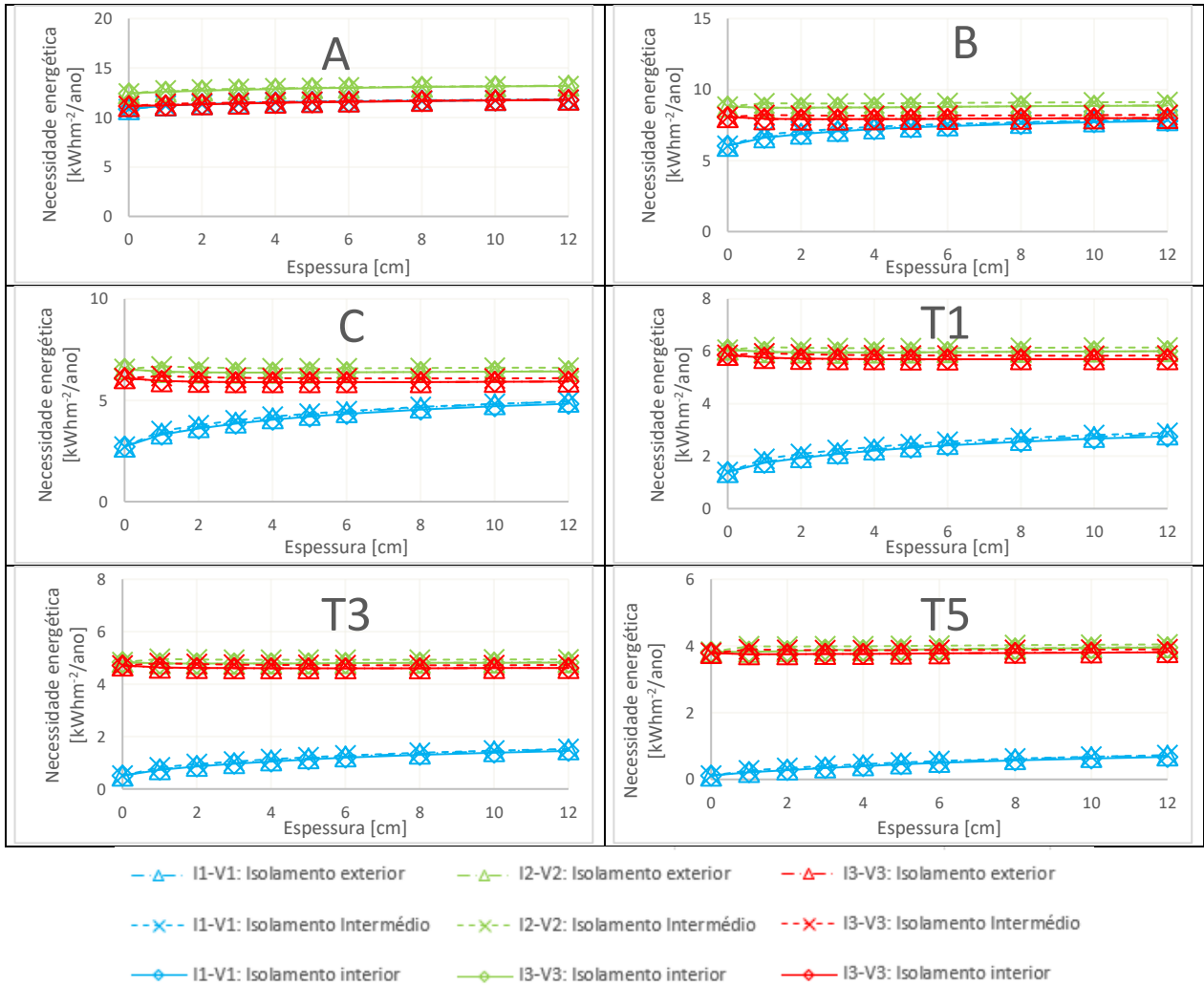


Figura C.59. Necessidade energética de arrefecimento da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

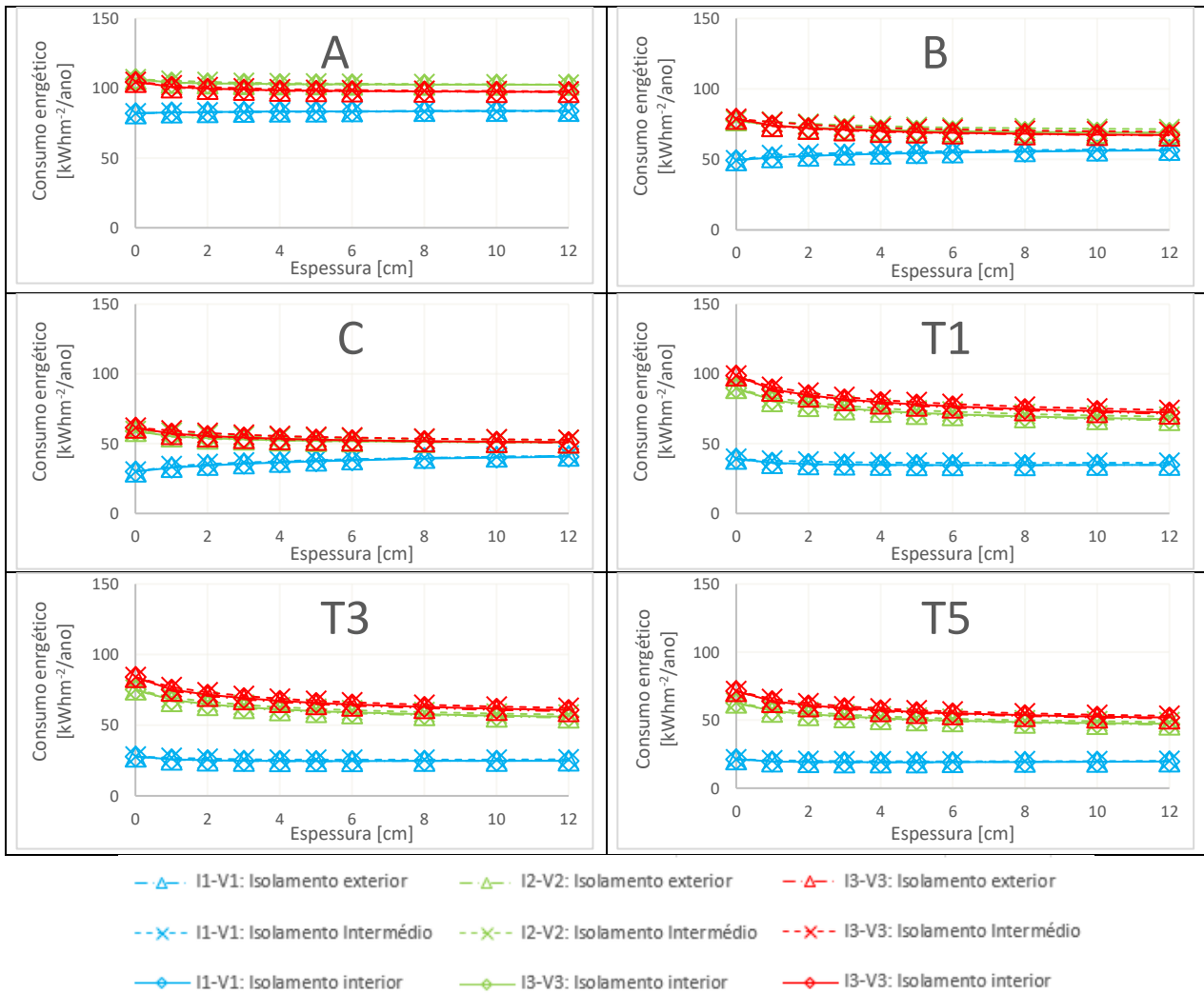


Figura C.60. Energia consumida pelo sistema AVAC da clínica para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

Supermercado

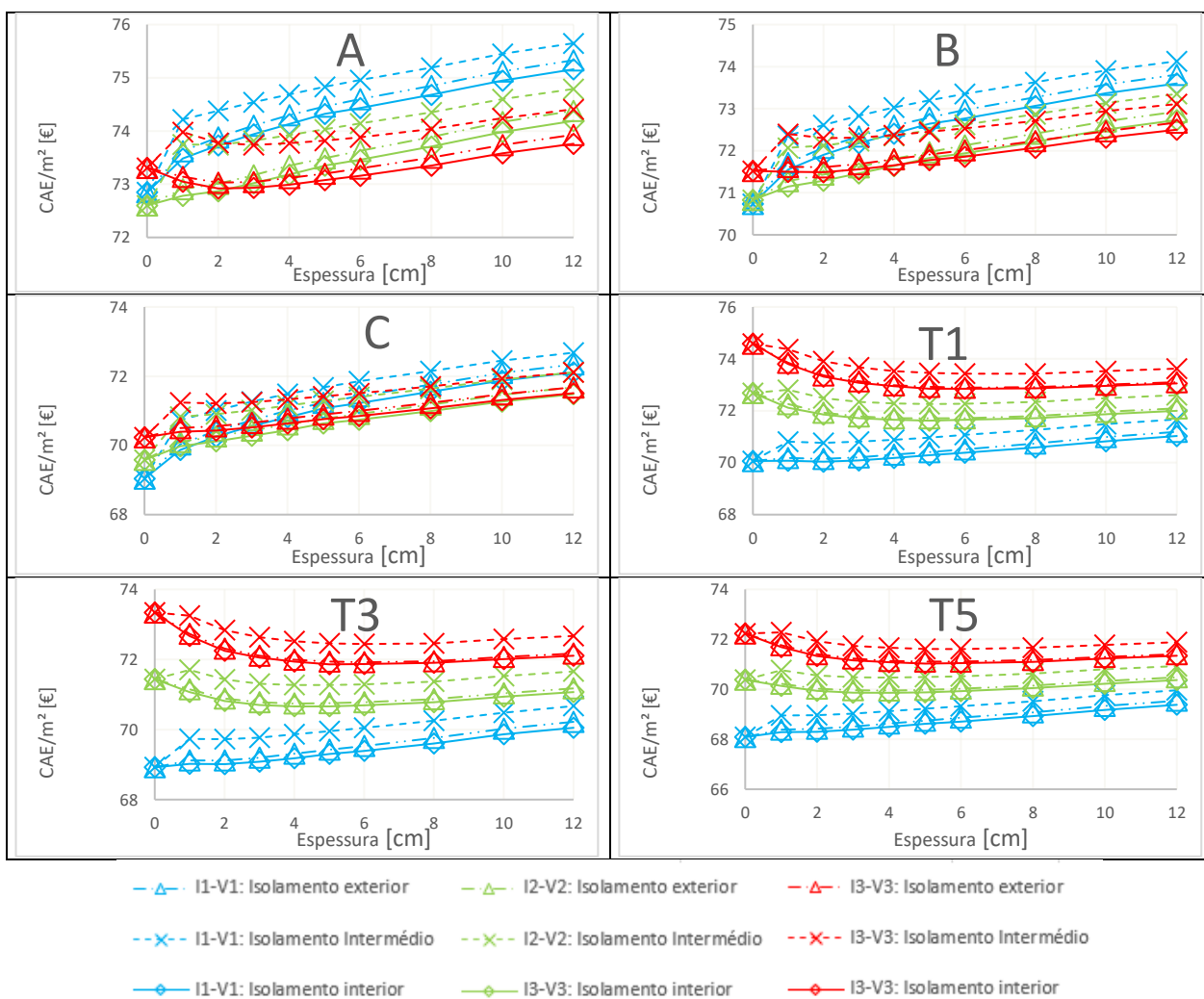


Figura C.61. CAE do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

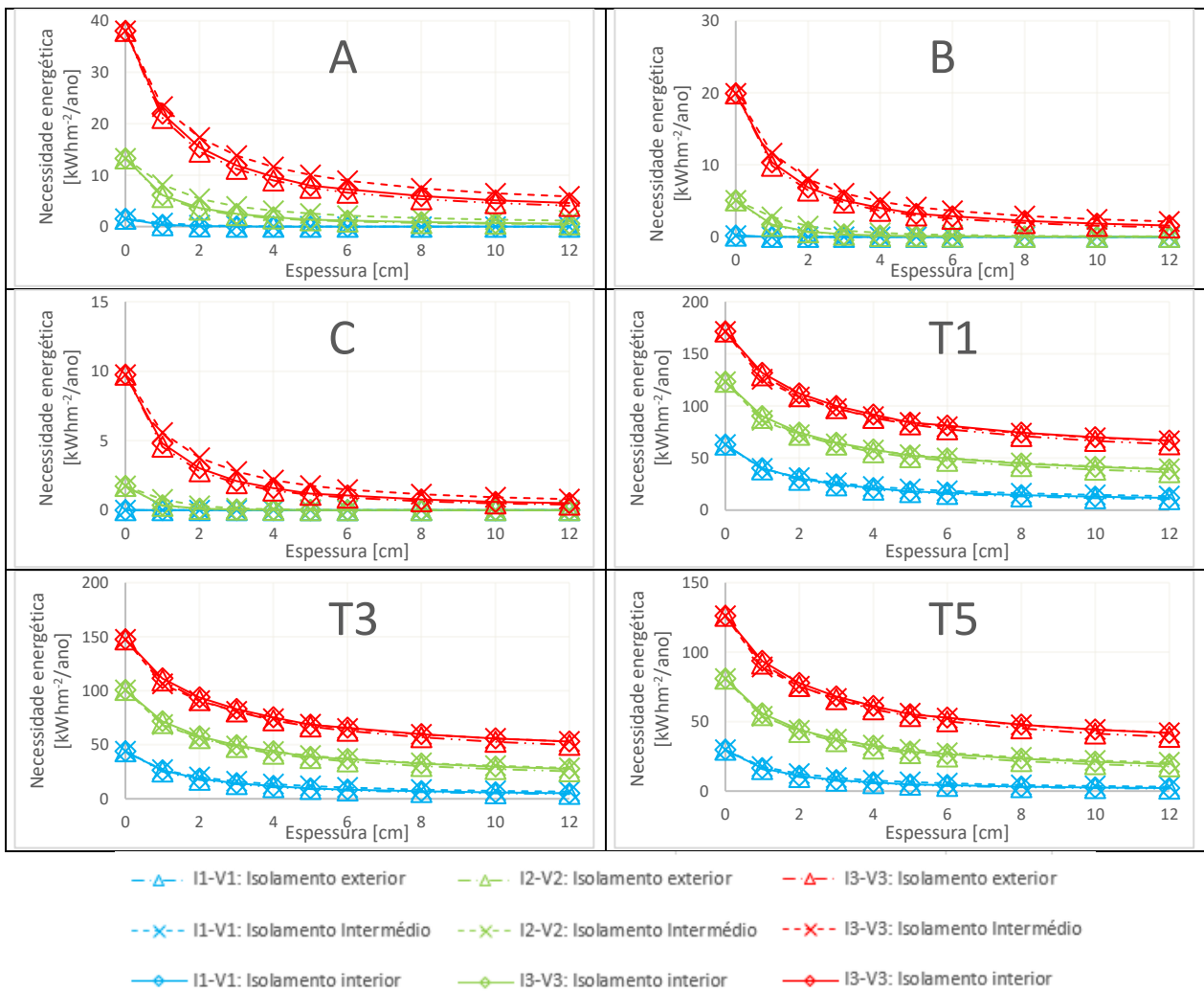


Figura C.62. Necessidade energética de aquecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

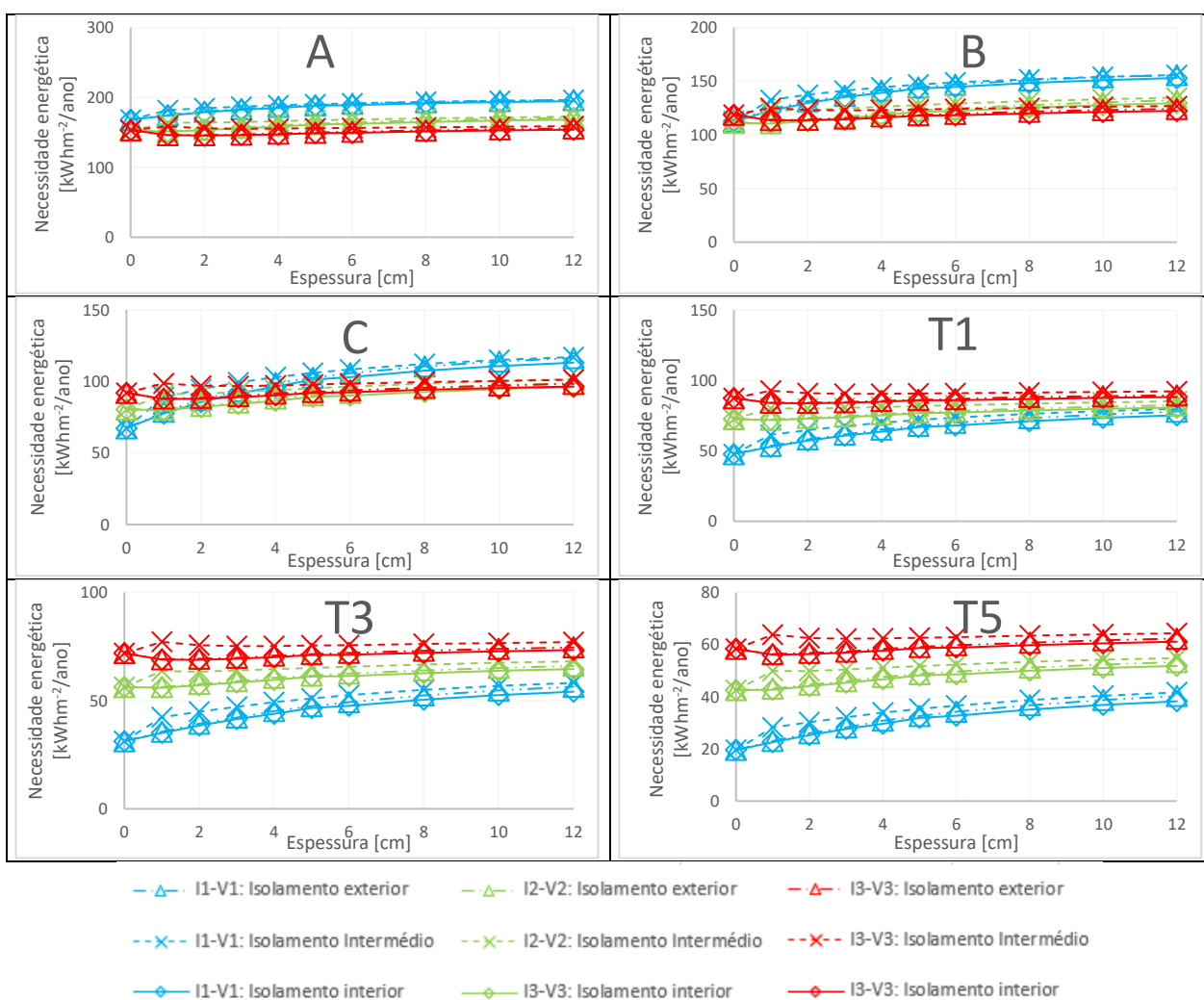


Figura C.63. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

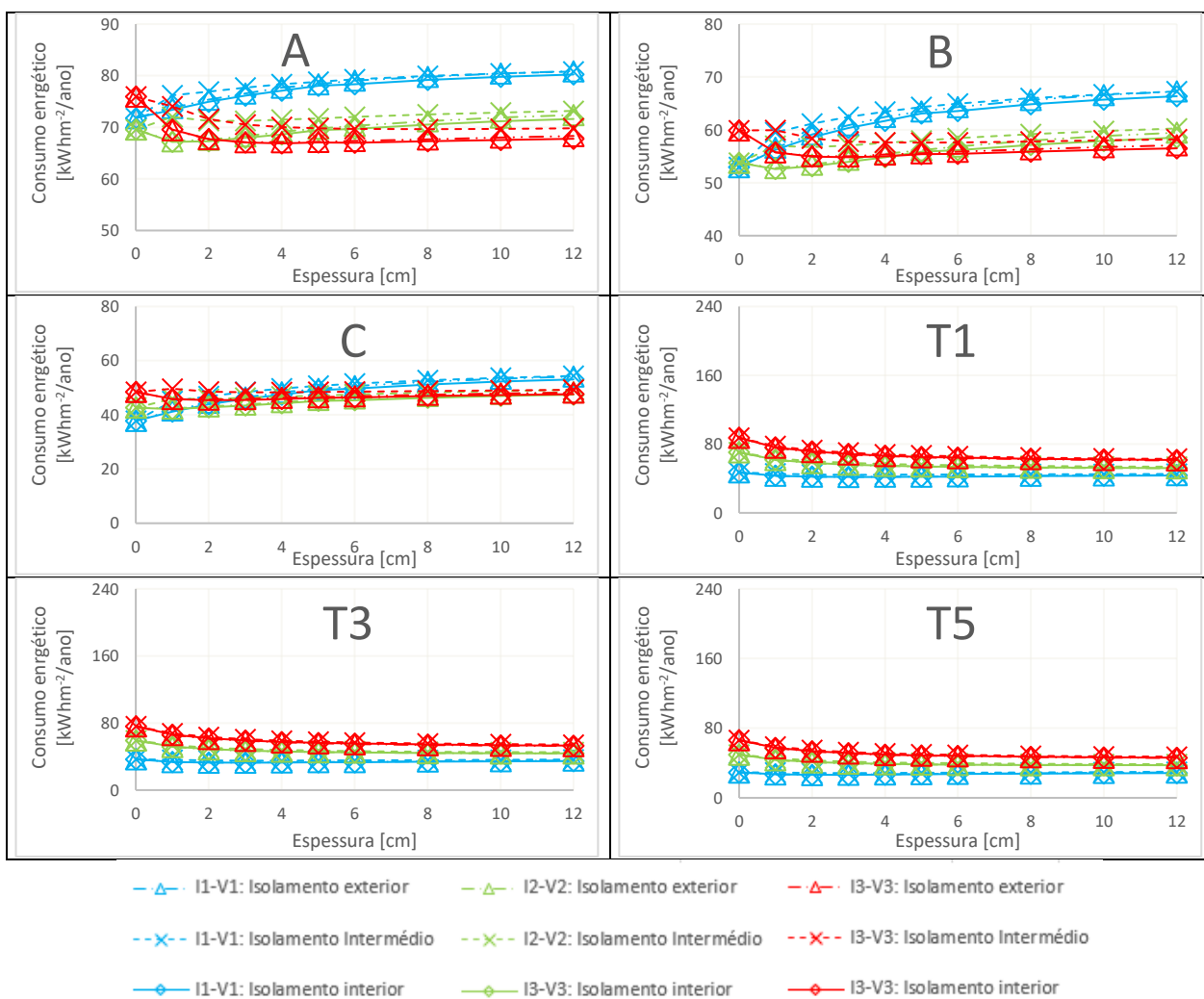


Figura C.64. Energia consumida pelo sistema AVAC do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático histórico.

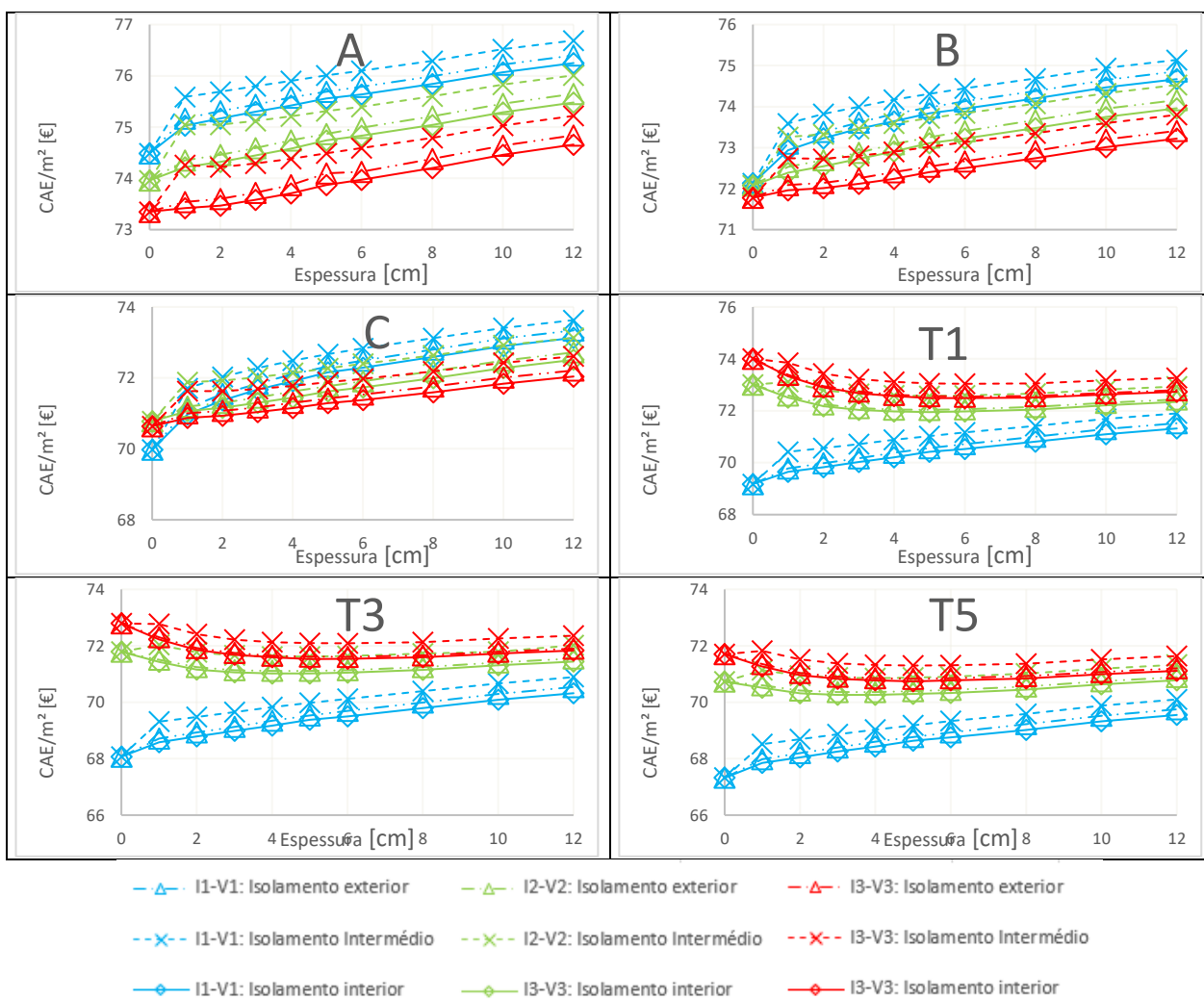


Figura C.65. CAE do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

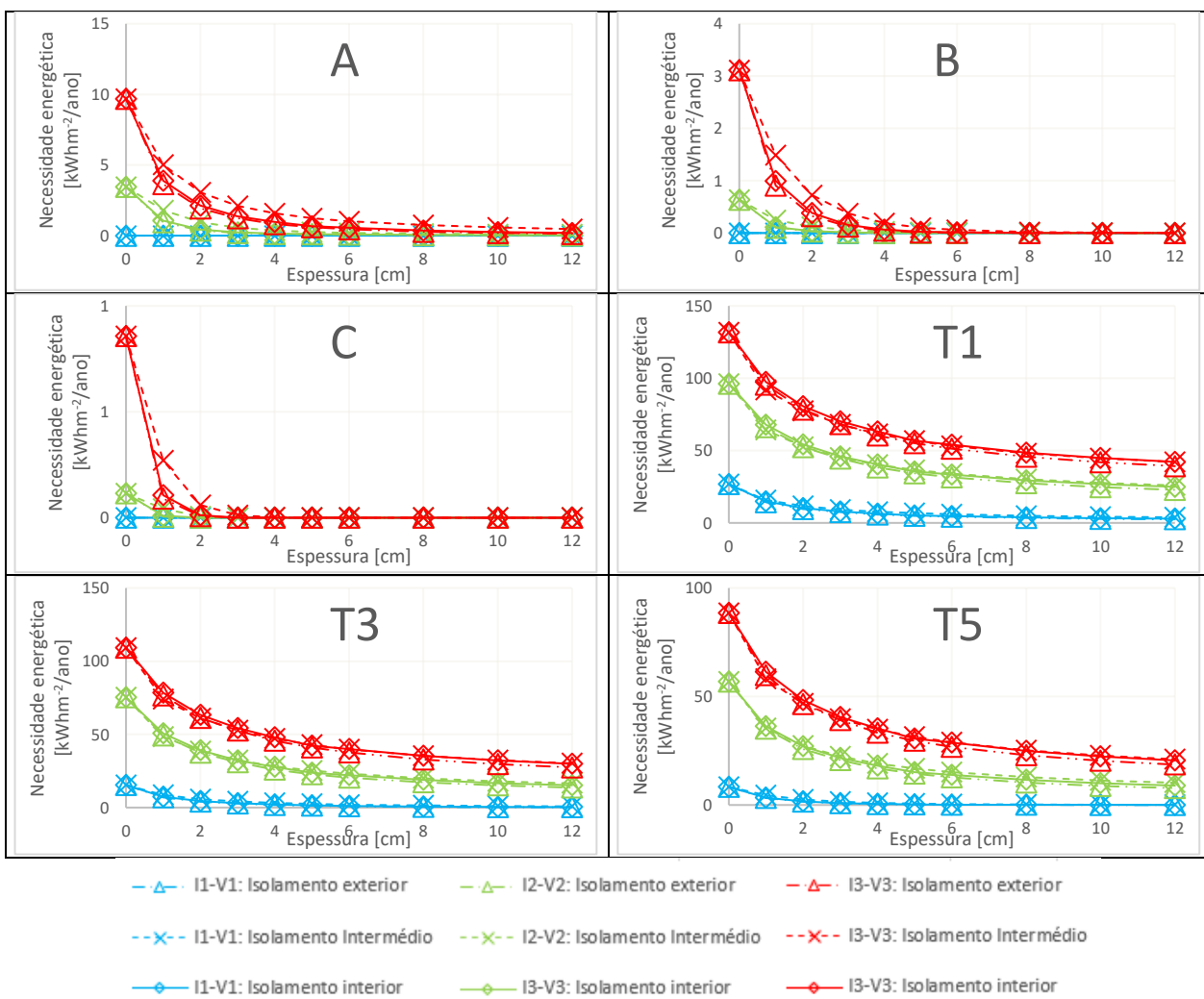


Figura C.66. Necessidade energética de aquecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

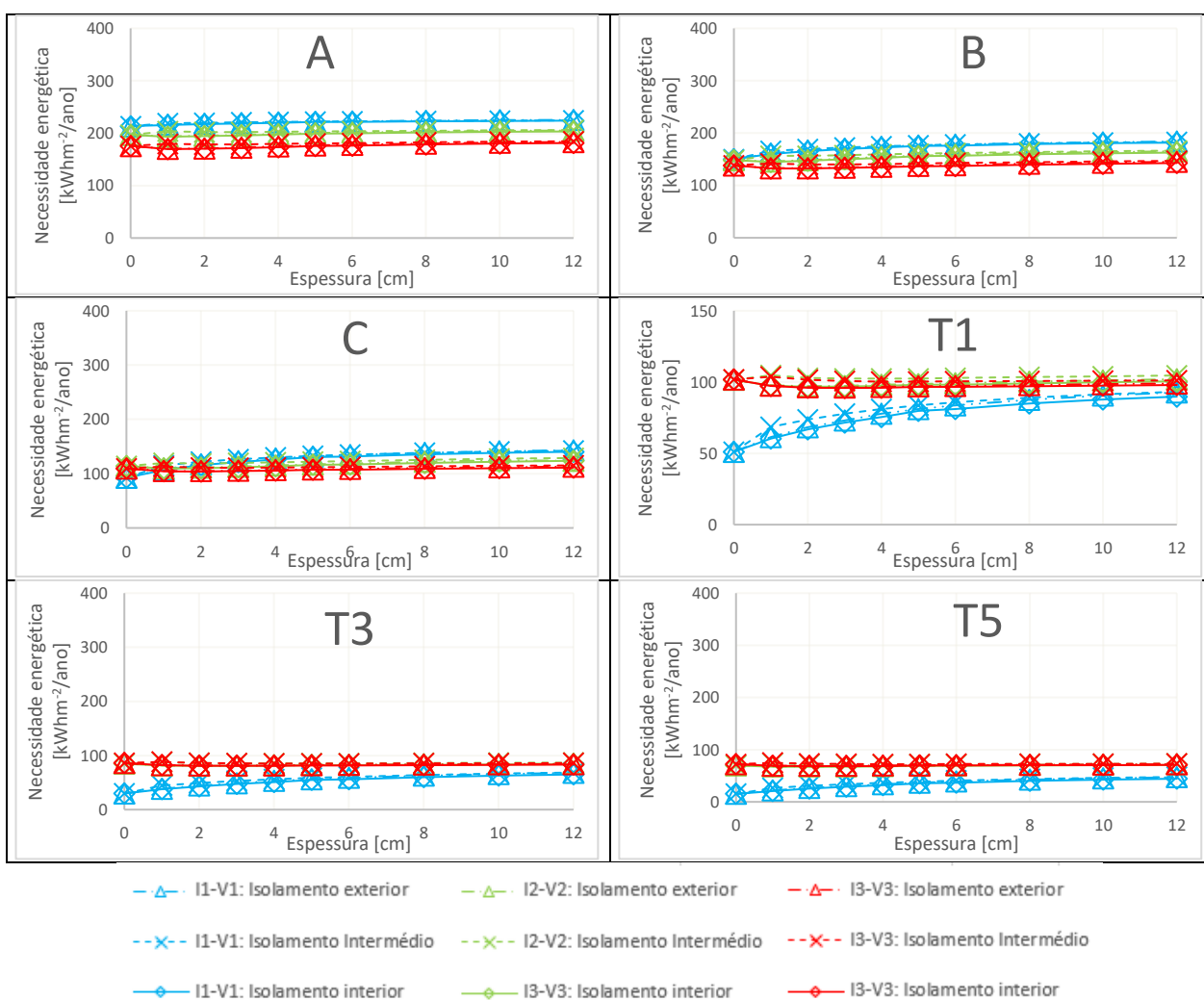


Figura C.67. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

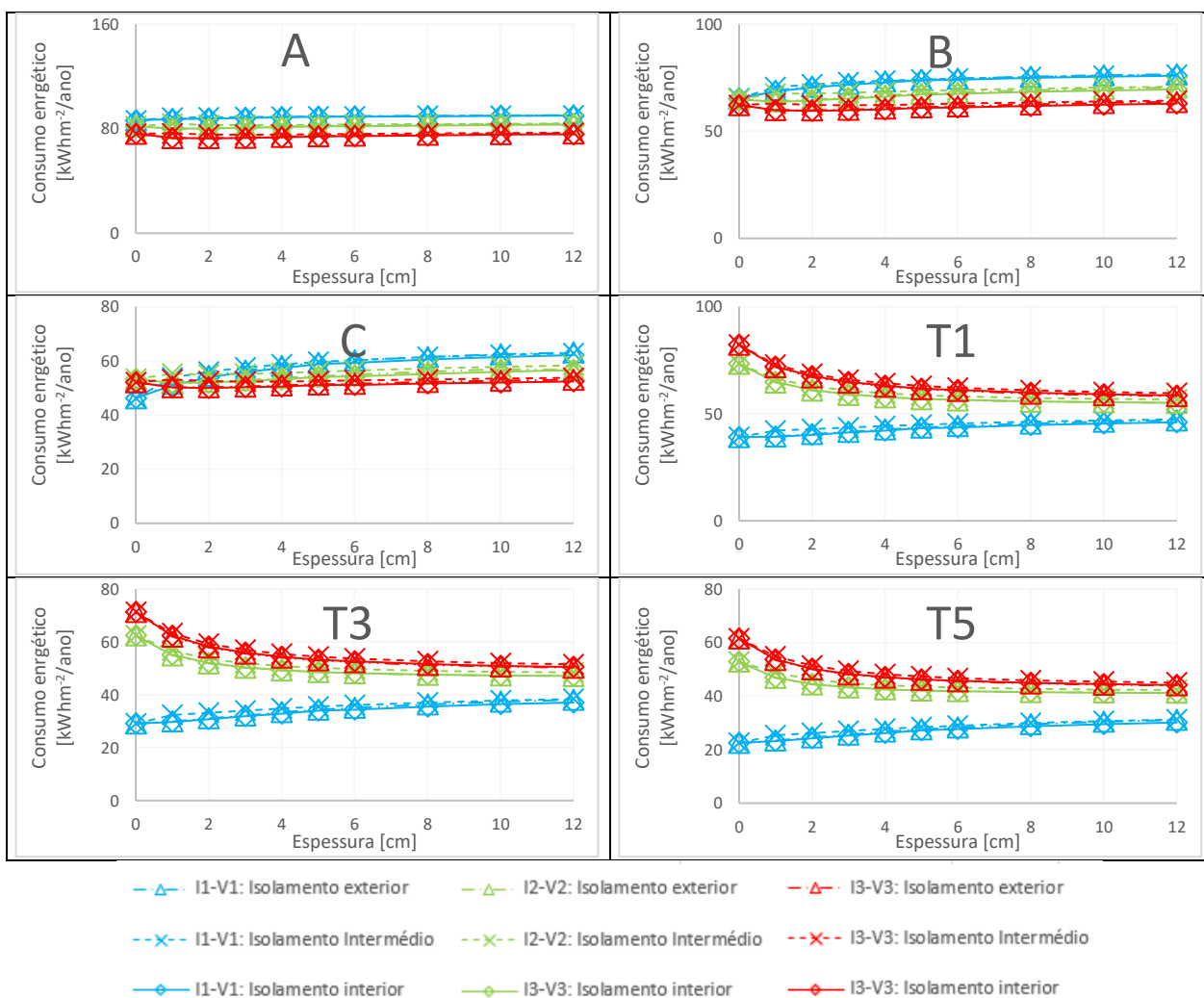


Figura C.68. Energia consumida pelo sistema AVAC do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático B1.

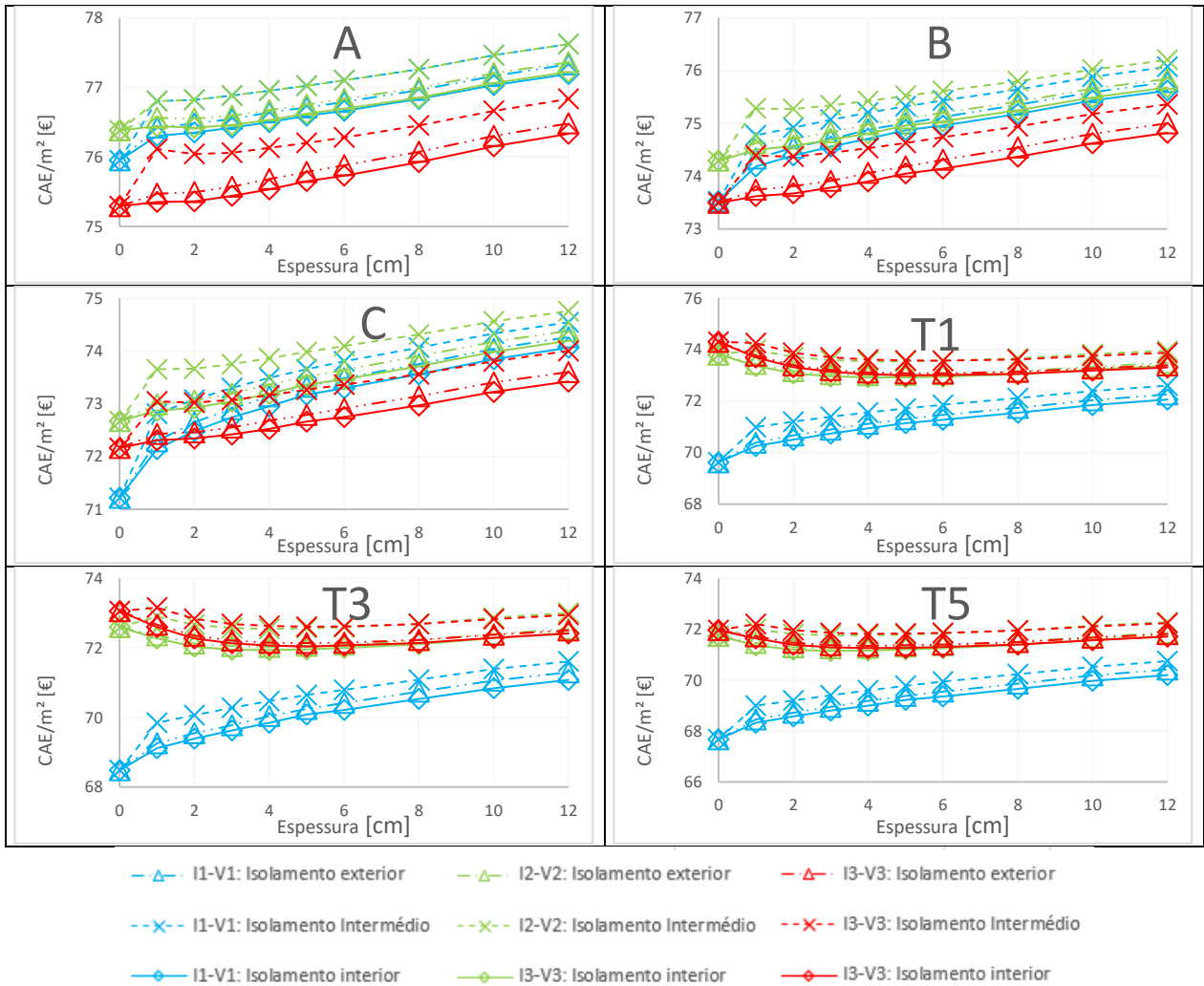


Figura C.69. CAE do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

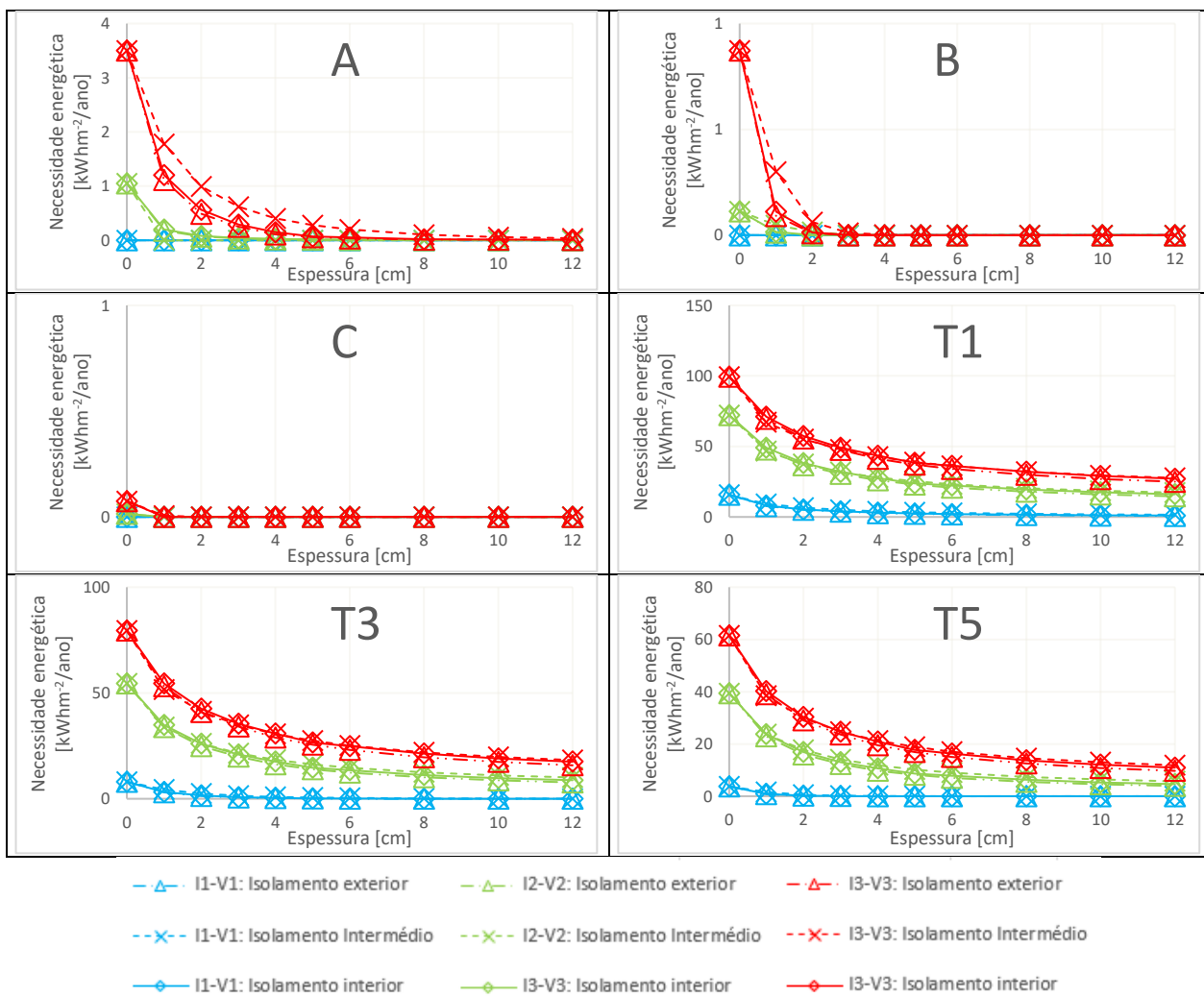


Figura C.70. Necessidade energética de aquecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

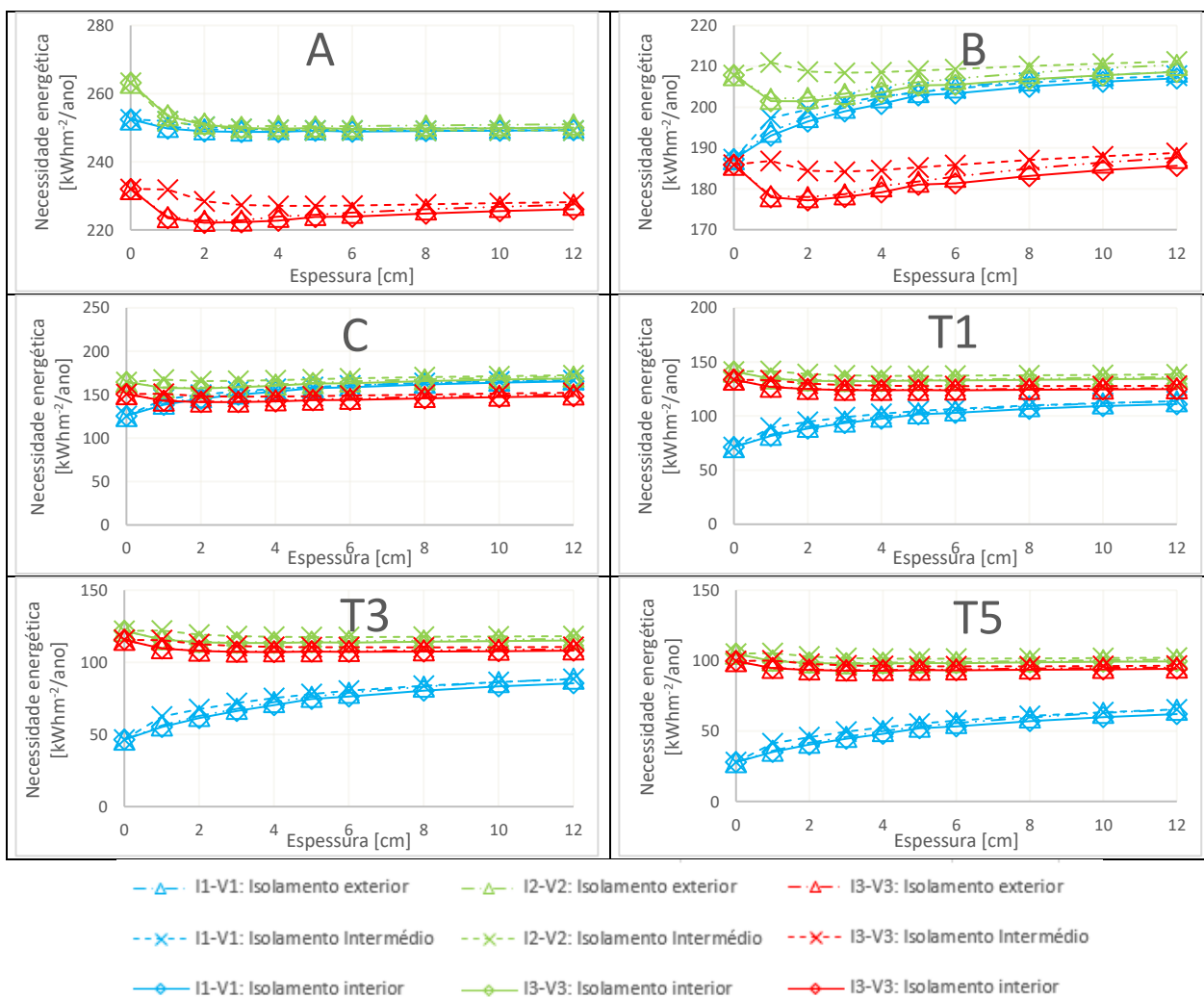


Figura C.71. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

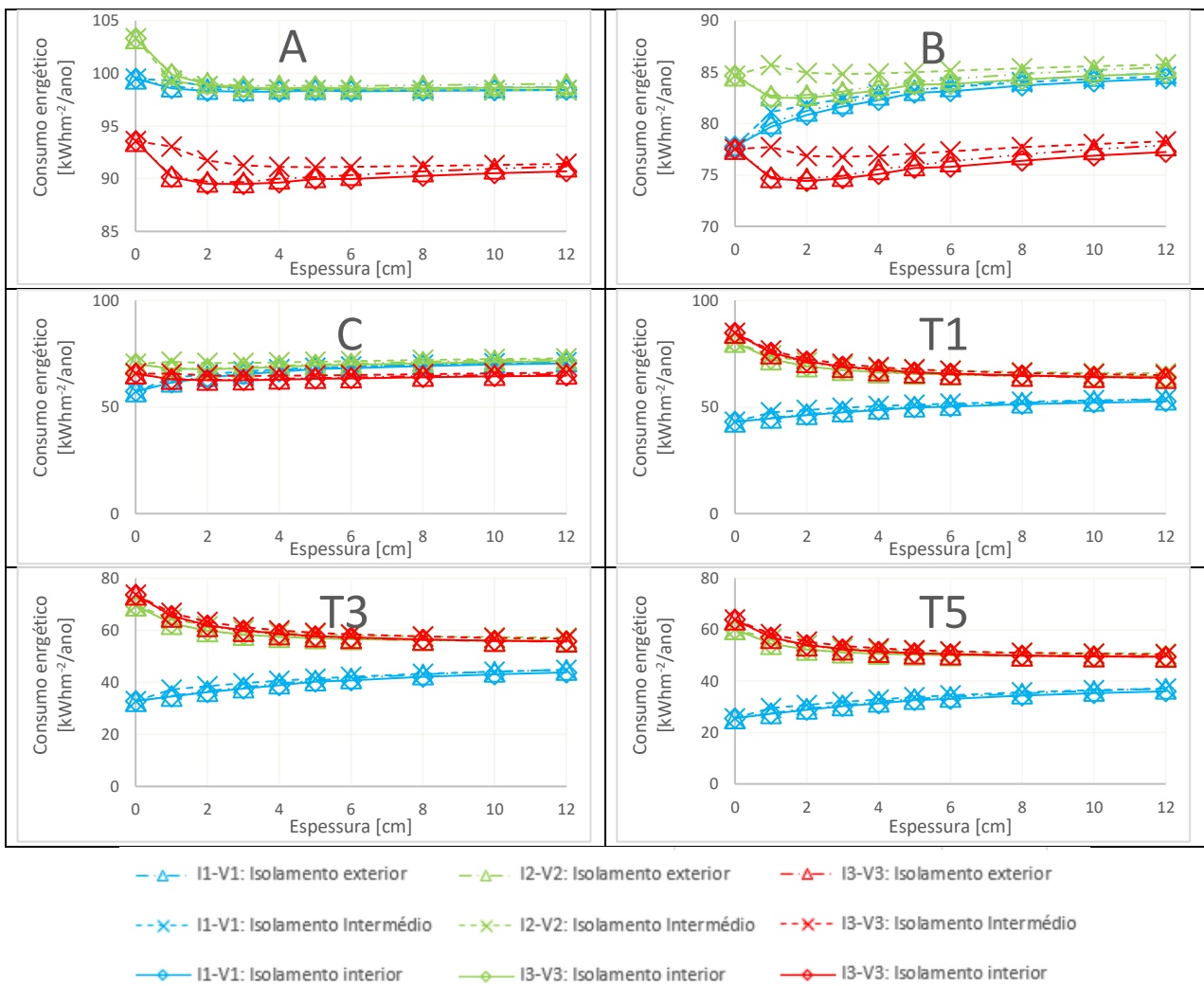


Figura C.72. Energia consumida pelo sistema AVAC do supermercado para todas as zonas climáticas em função da espessura do isolamento térmico, no cenário climático A2.

ANEXO D

Resultados obtidos no cálculo do sistema de sombreamento de modo a encontrar o ponto ótimo.

Apartamento

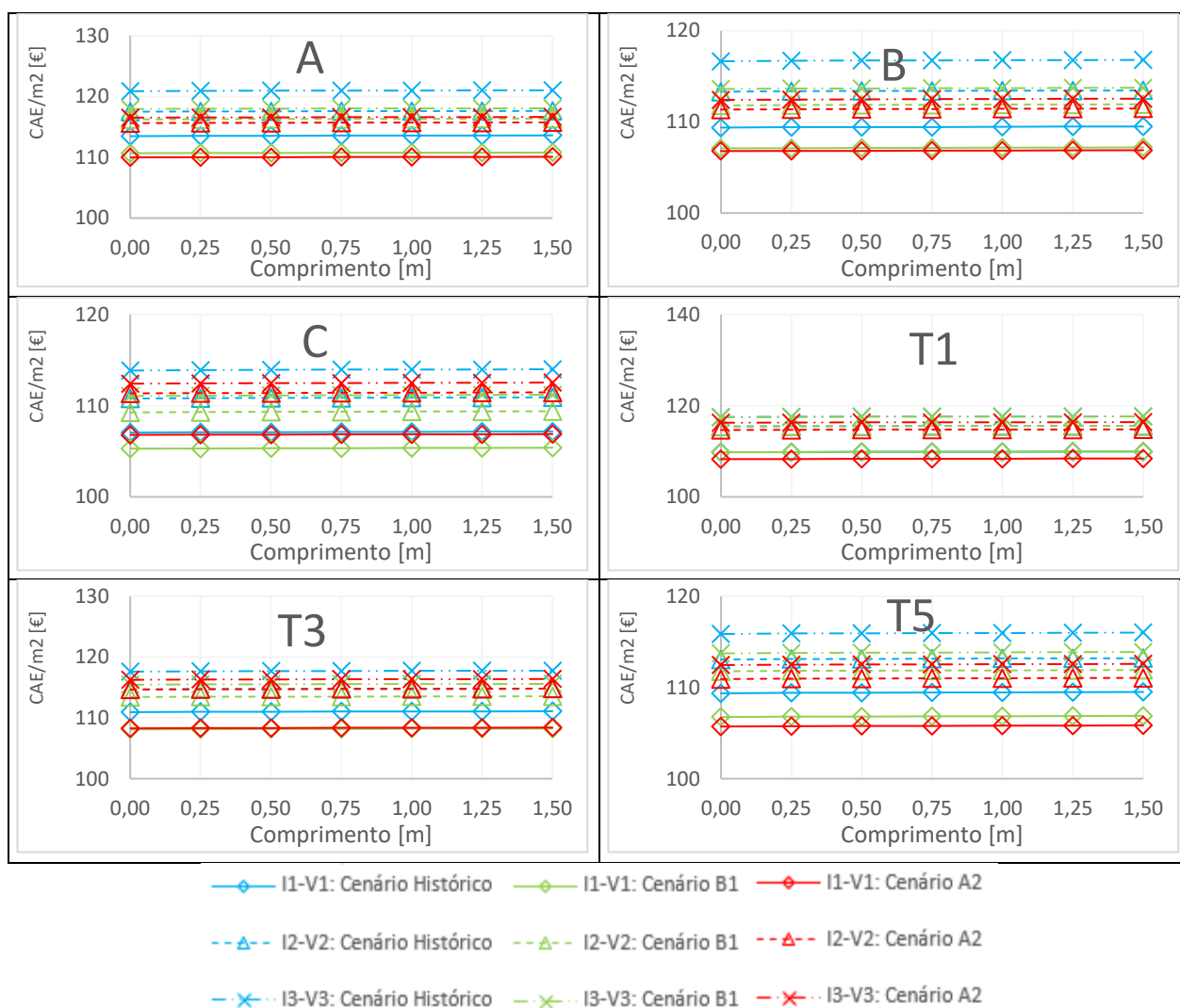


Figura D.1. CAE do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

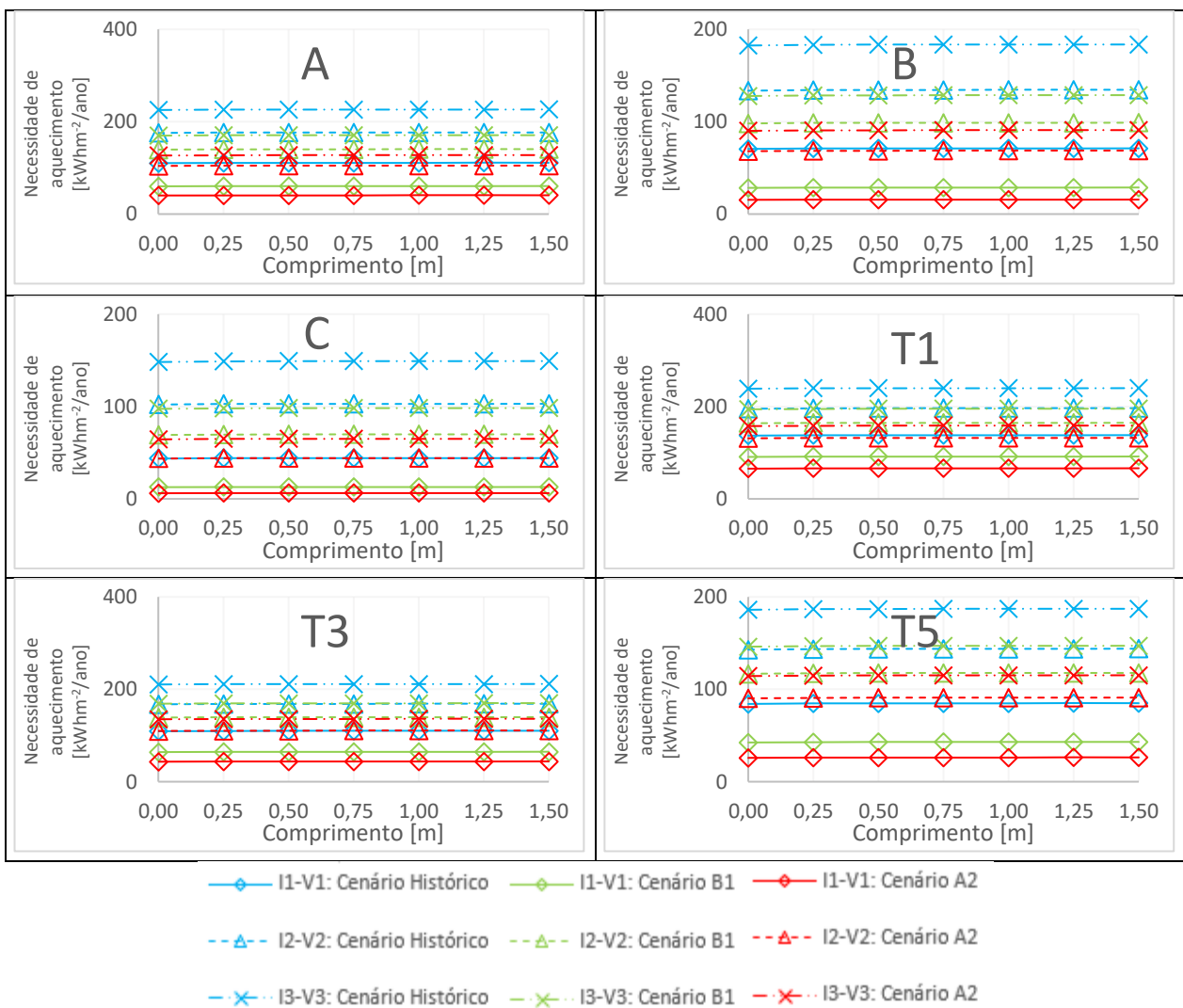


Figura D.2. Necessidade energética de aquecimento do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

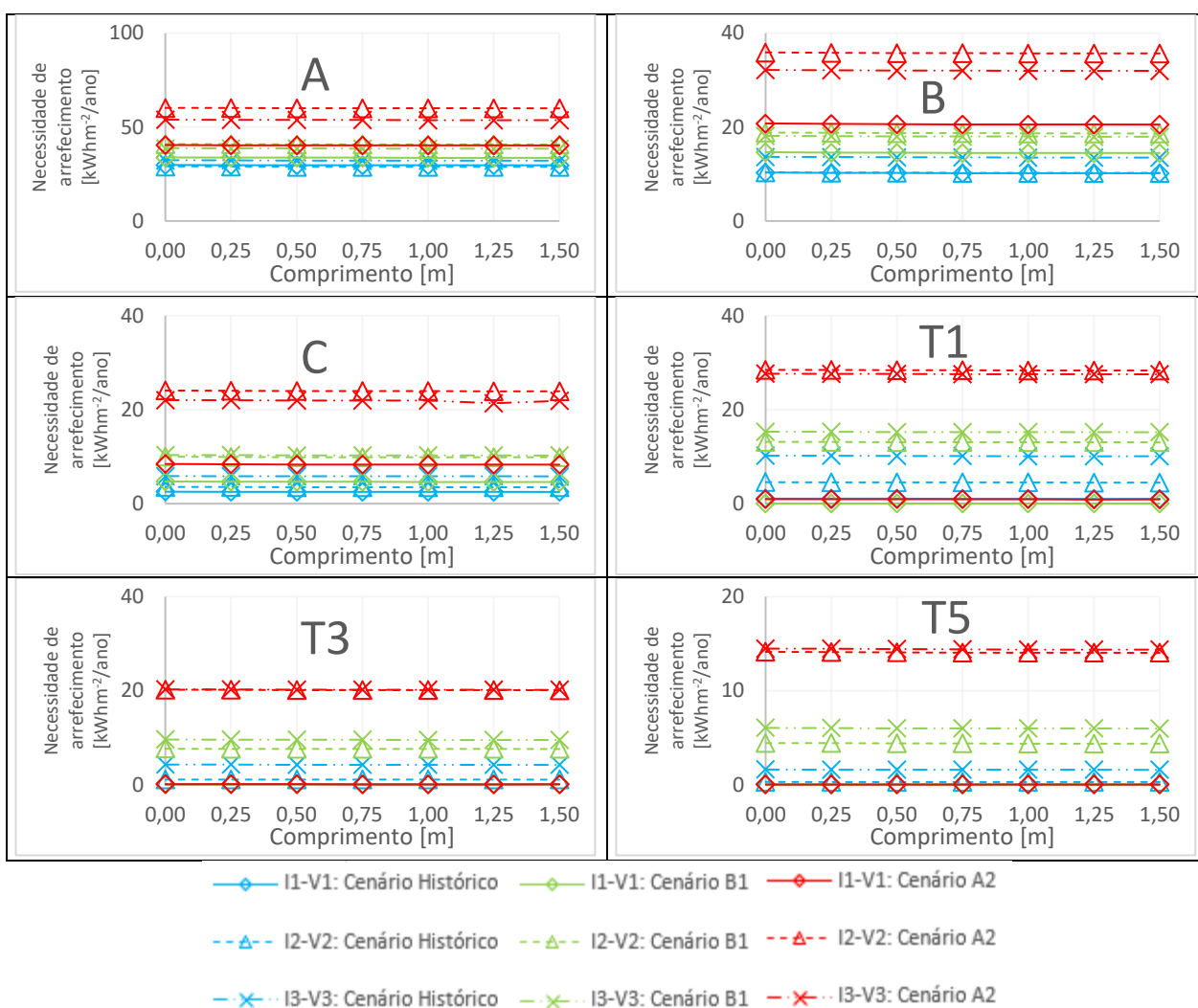


Figura D.3. Necessidade energética de arrefecimento do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

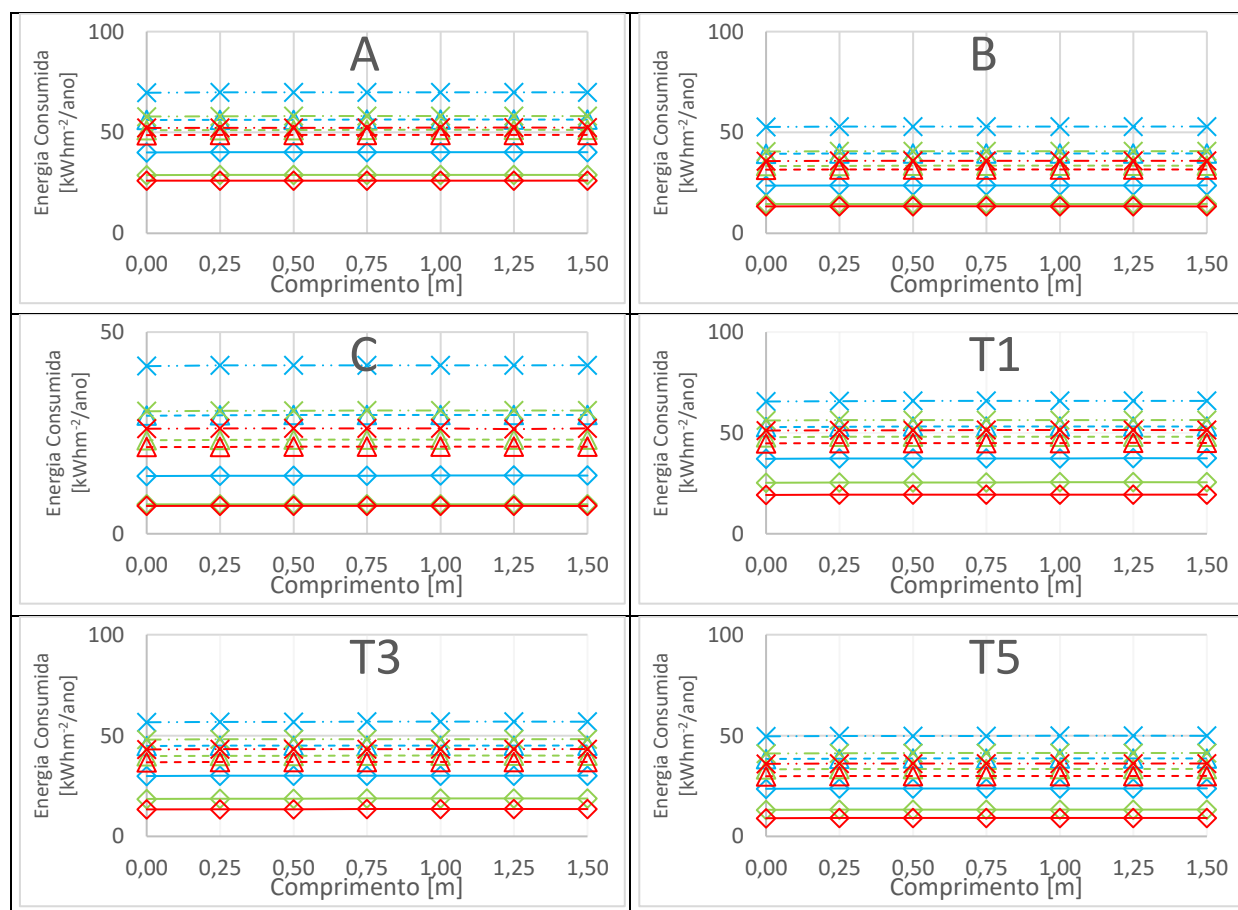


Figura D.4. Consumo energético do sistema AVAC do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

Morada

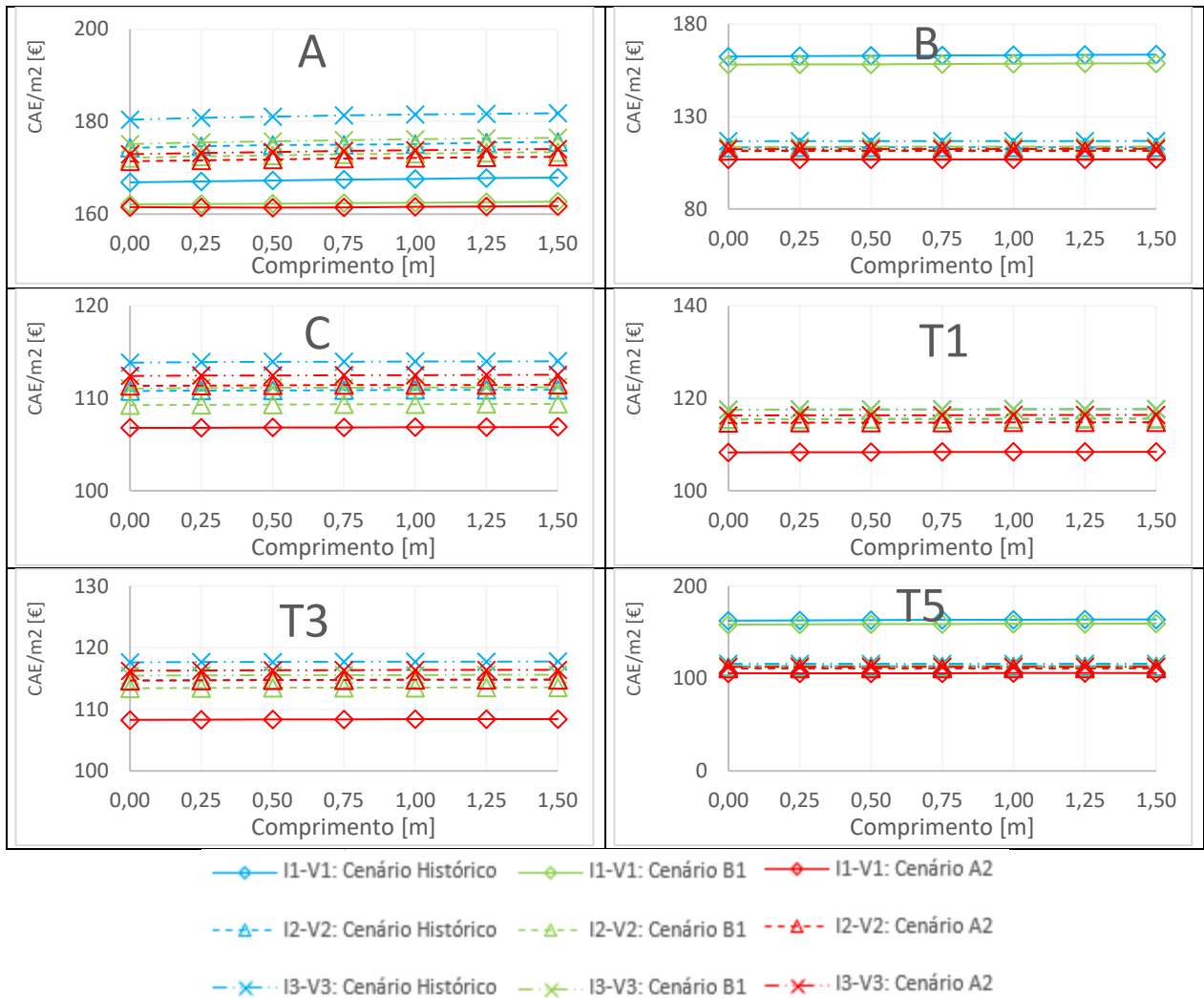


Figura D.5. CAE do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

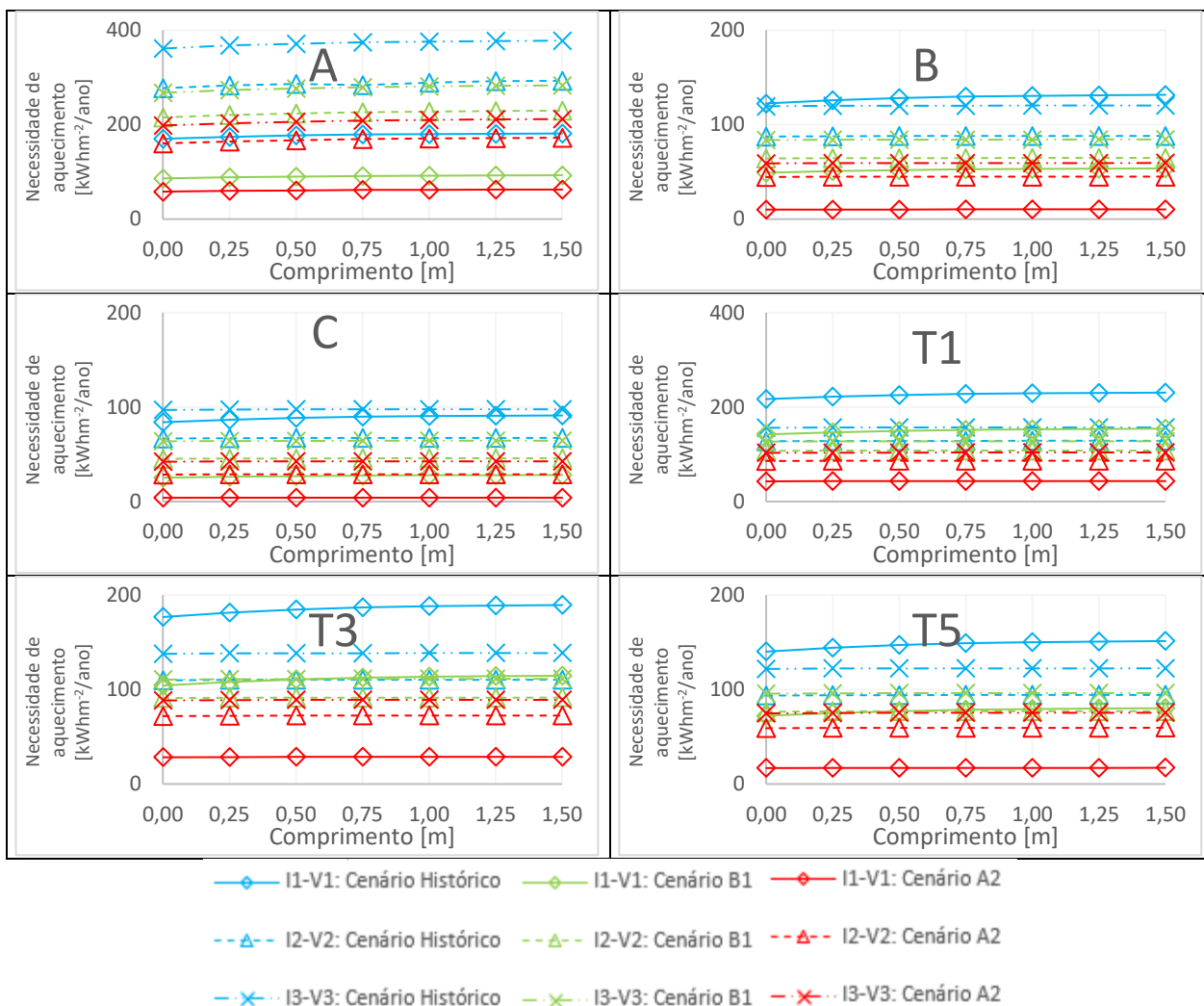


Figura D.6. Necessidade energética de aquecimento da moradia para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

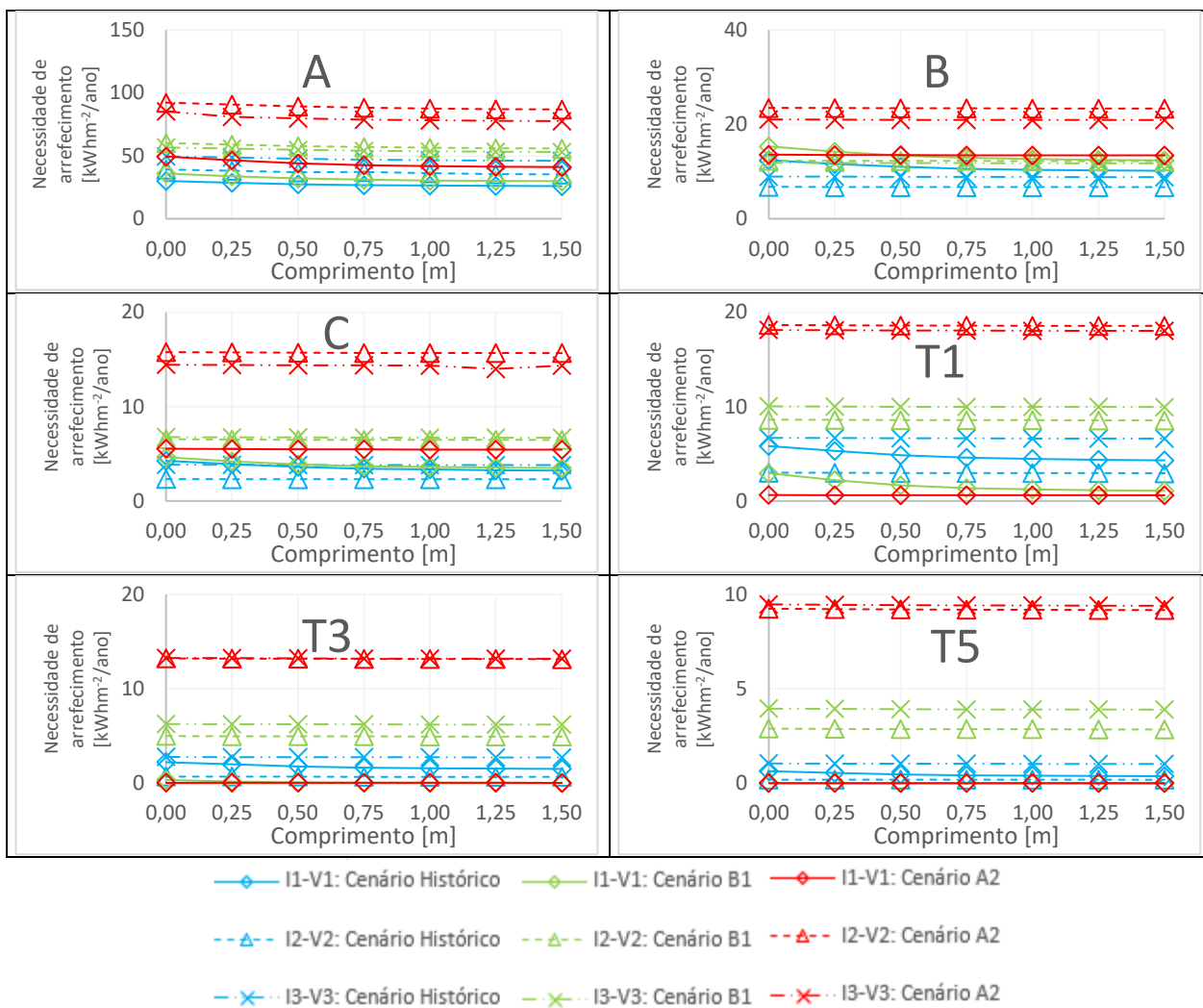


Figura D.7. Necessidade energética de arrefecimento do apartamento para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

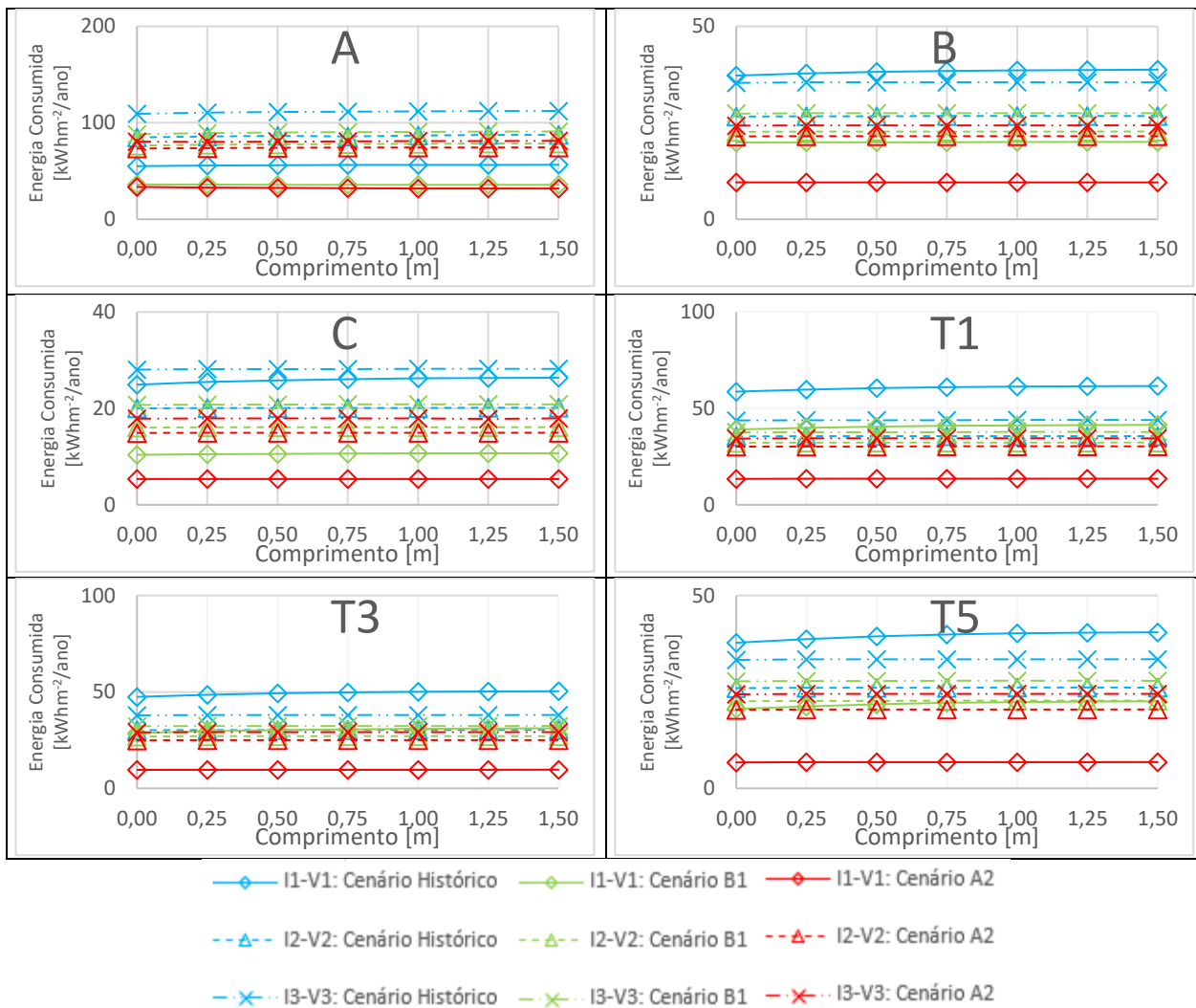


Figura D.8. Consumo energético do sistema AVAC da moradia para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

Escola

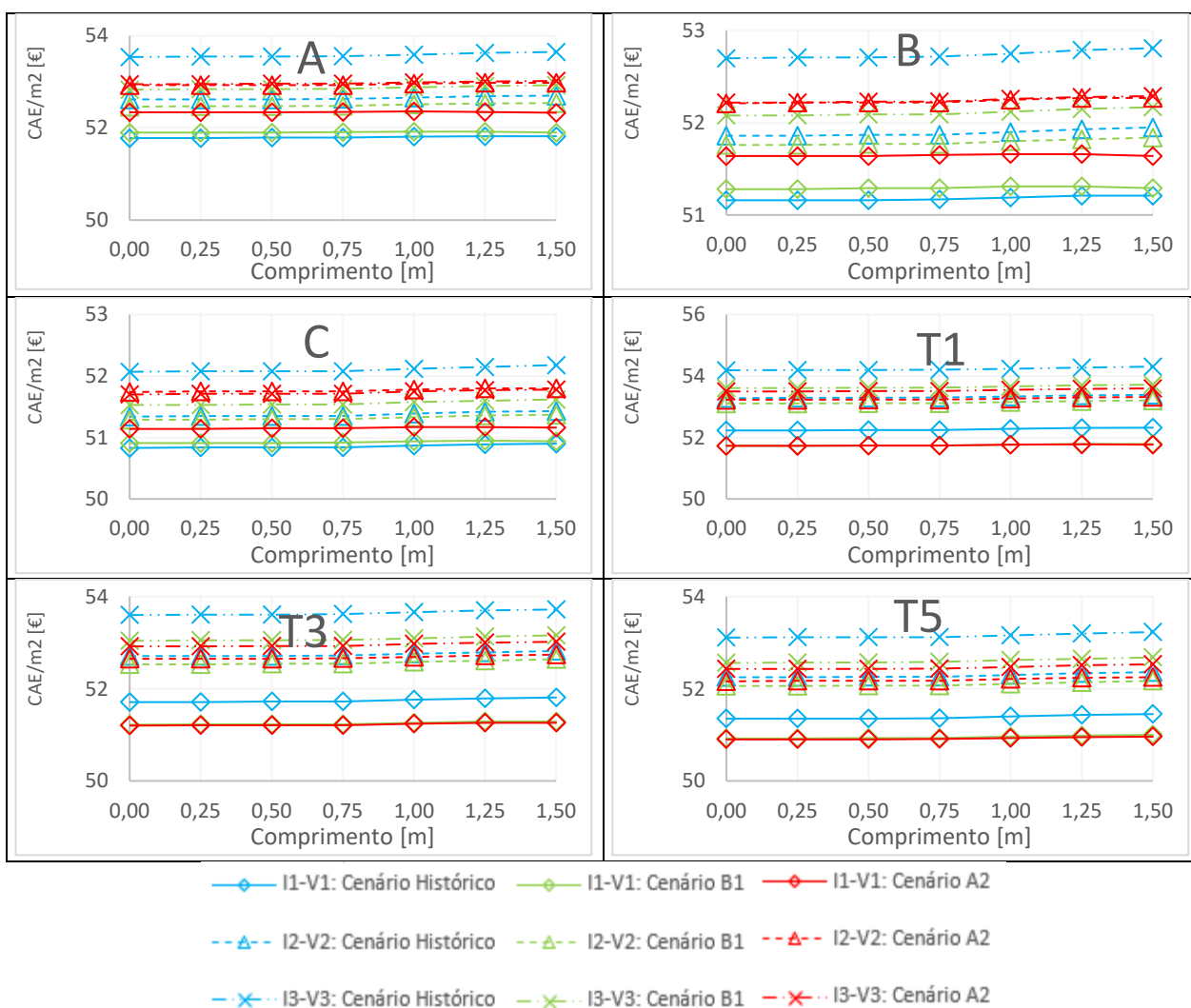


Figura D.9. CAE da escola para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

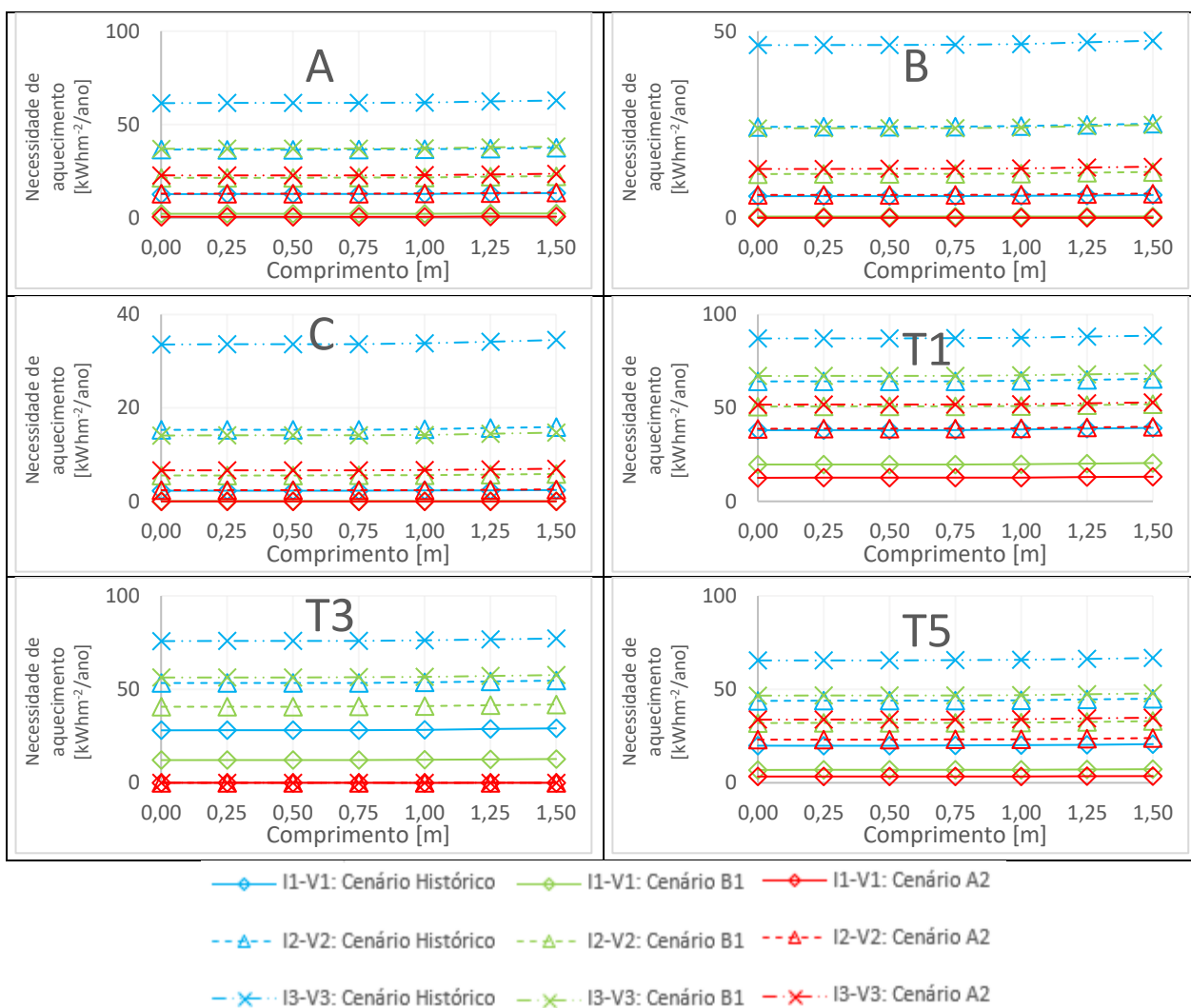


Figura D.10. Necessidade energética de aquecimento da escola para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

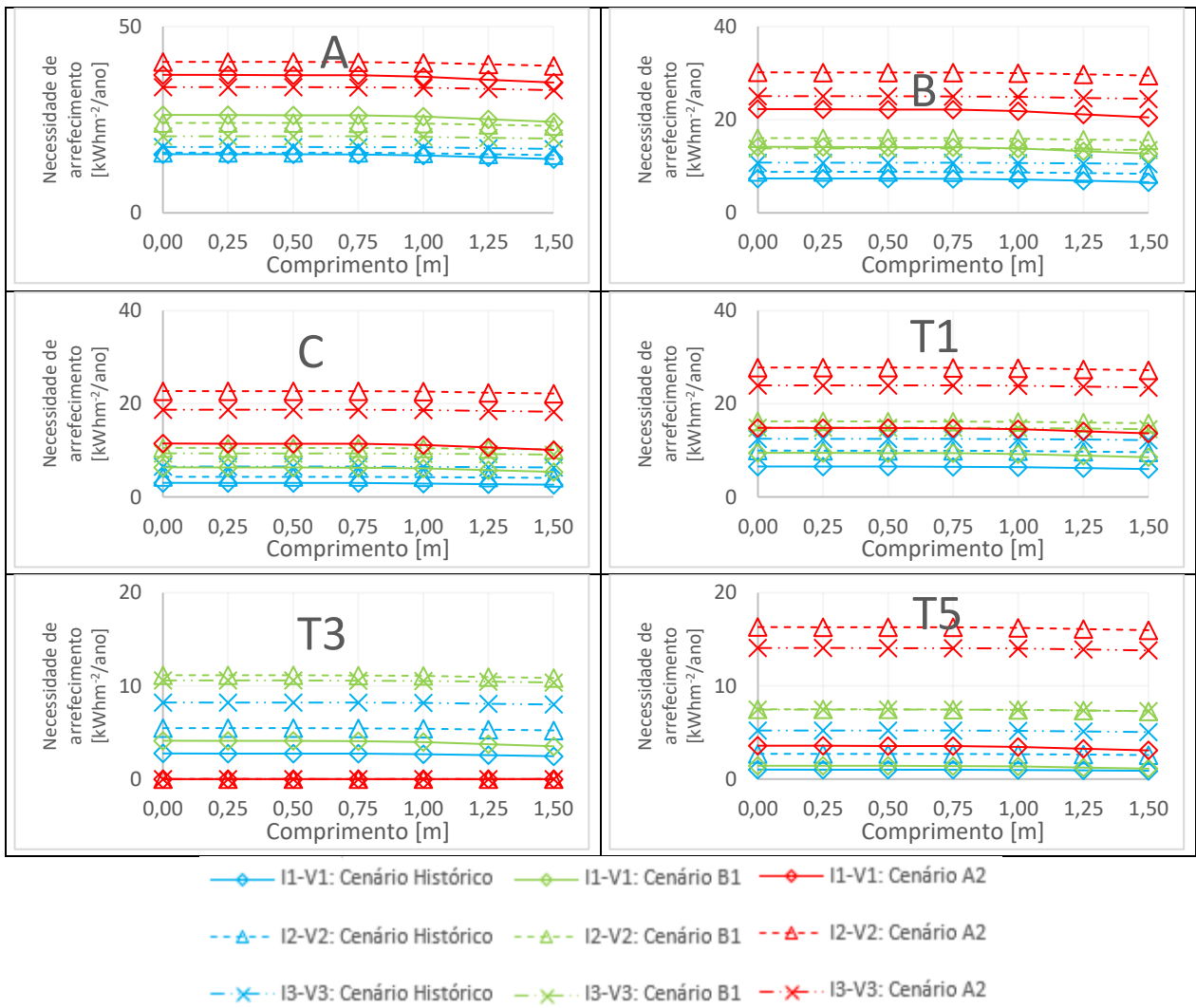


Figura D.11. Necessidade energética de arrefecimento da escola para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

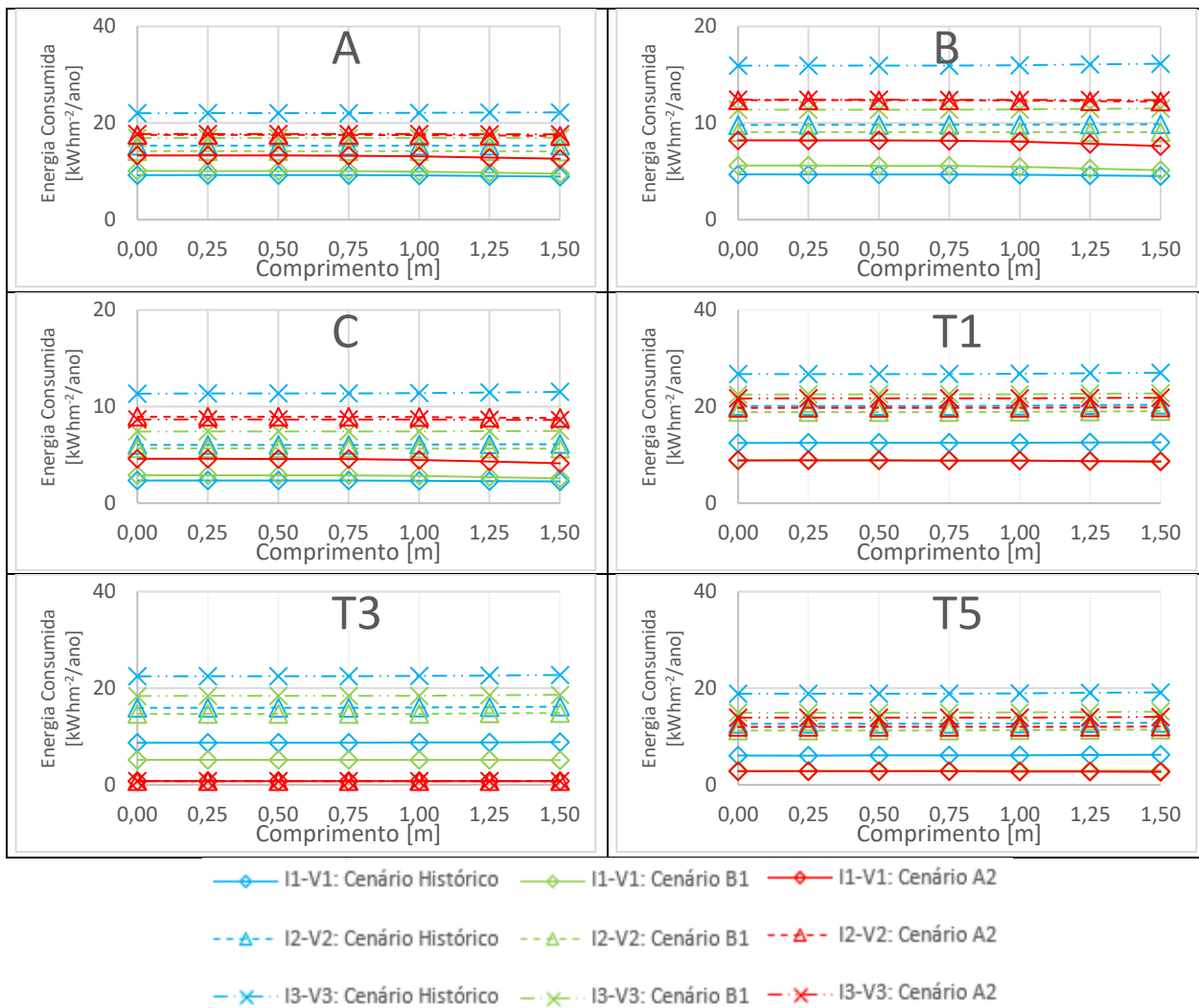


Figura D.12. Consumo energético do sistema AVAC da escola para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

Agência Bancária

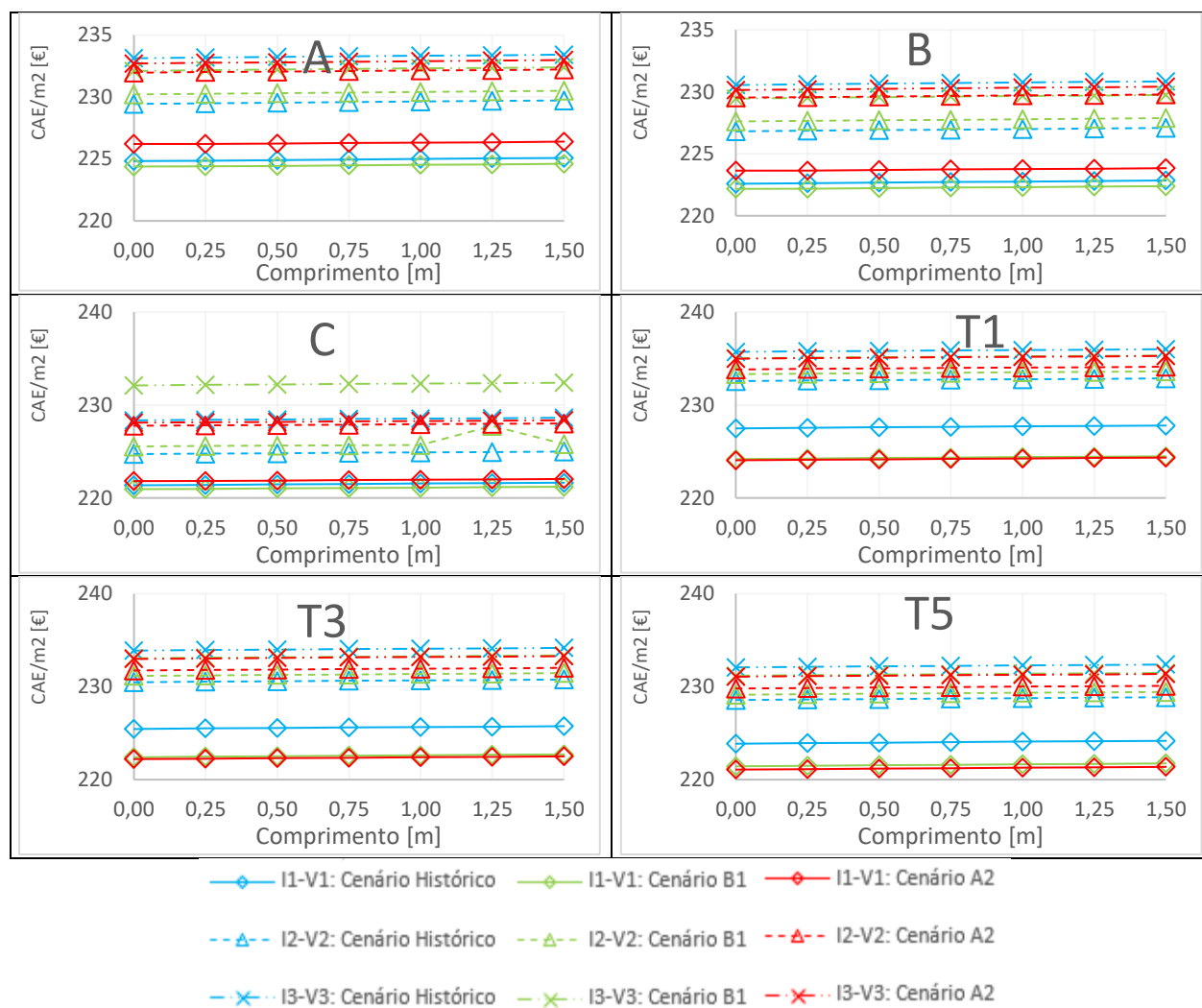


Figura D.13. CAE da agência bancária para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

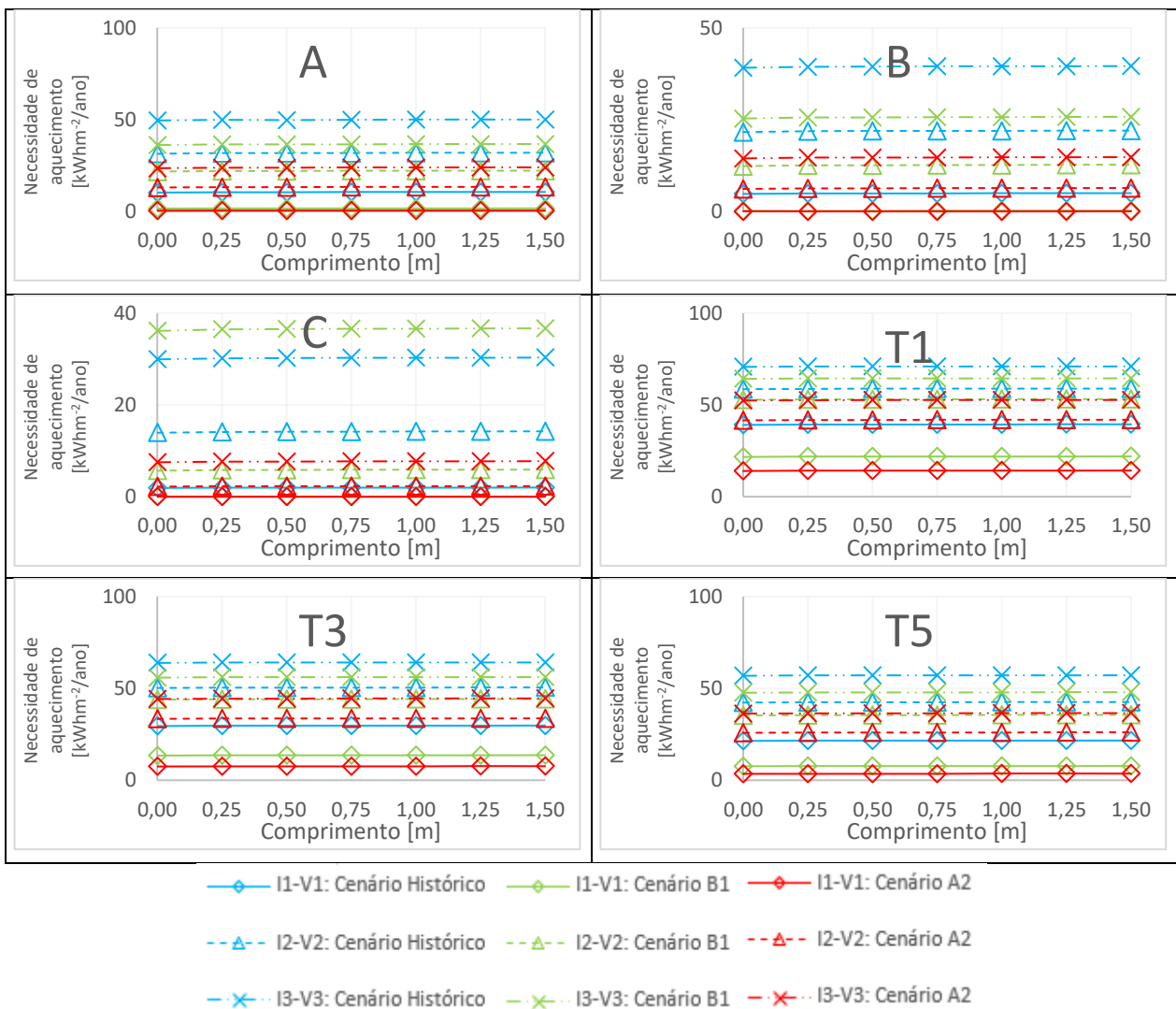


Figura D.14. Necessidade energética da agência bancária para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

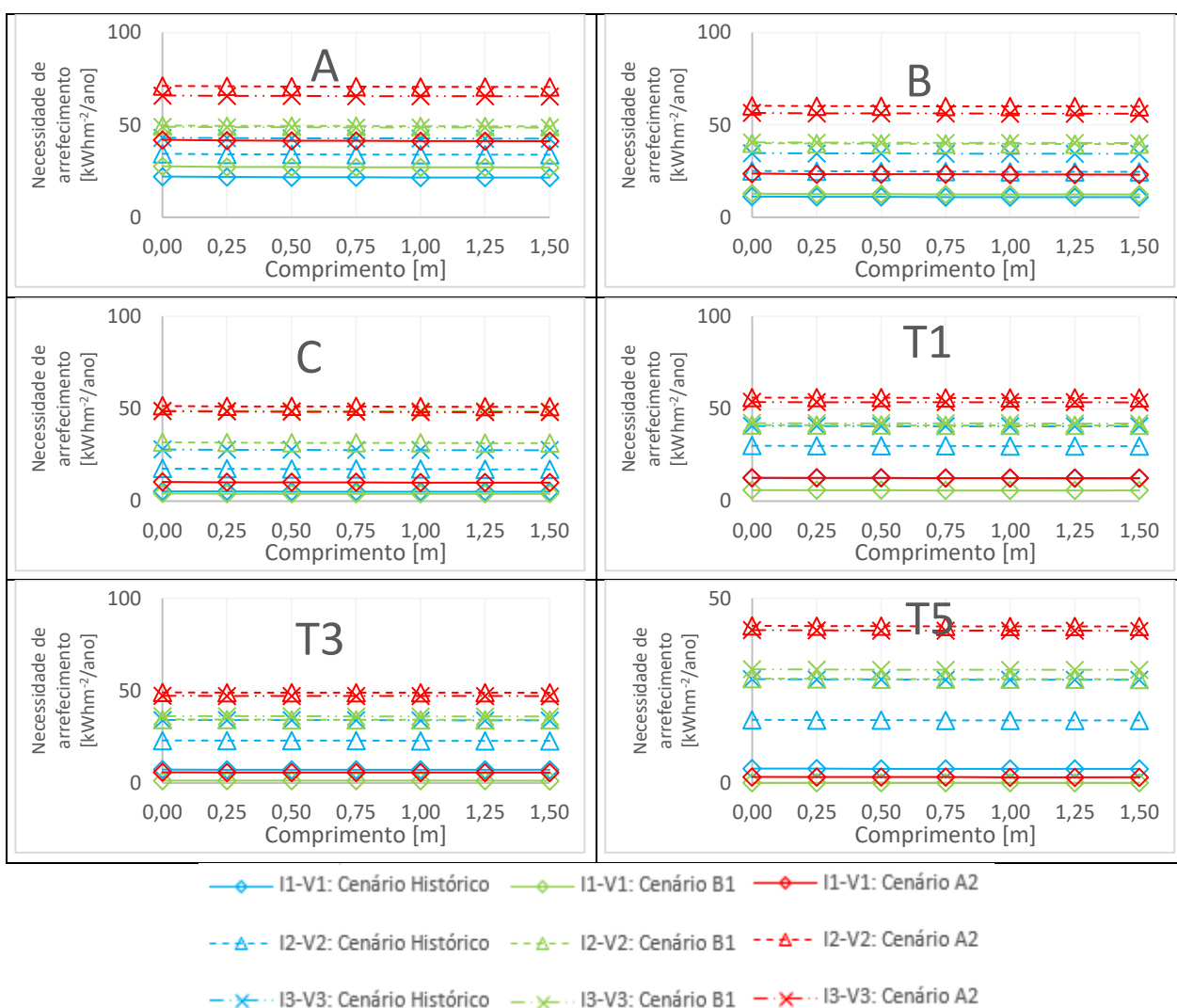


Figura D.15. Necessidade energética de arrefecimento da agência bancária para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

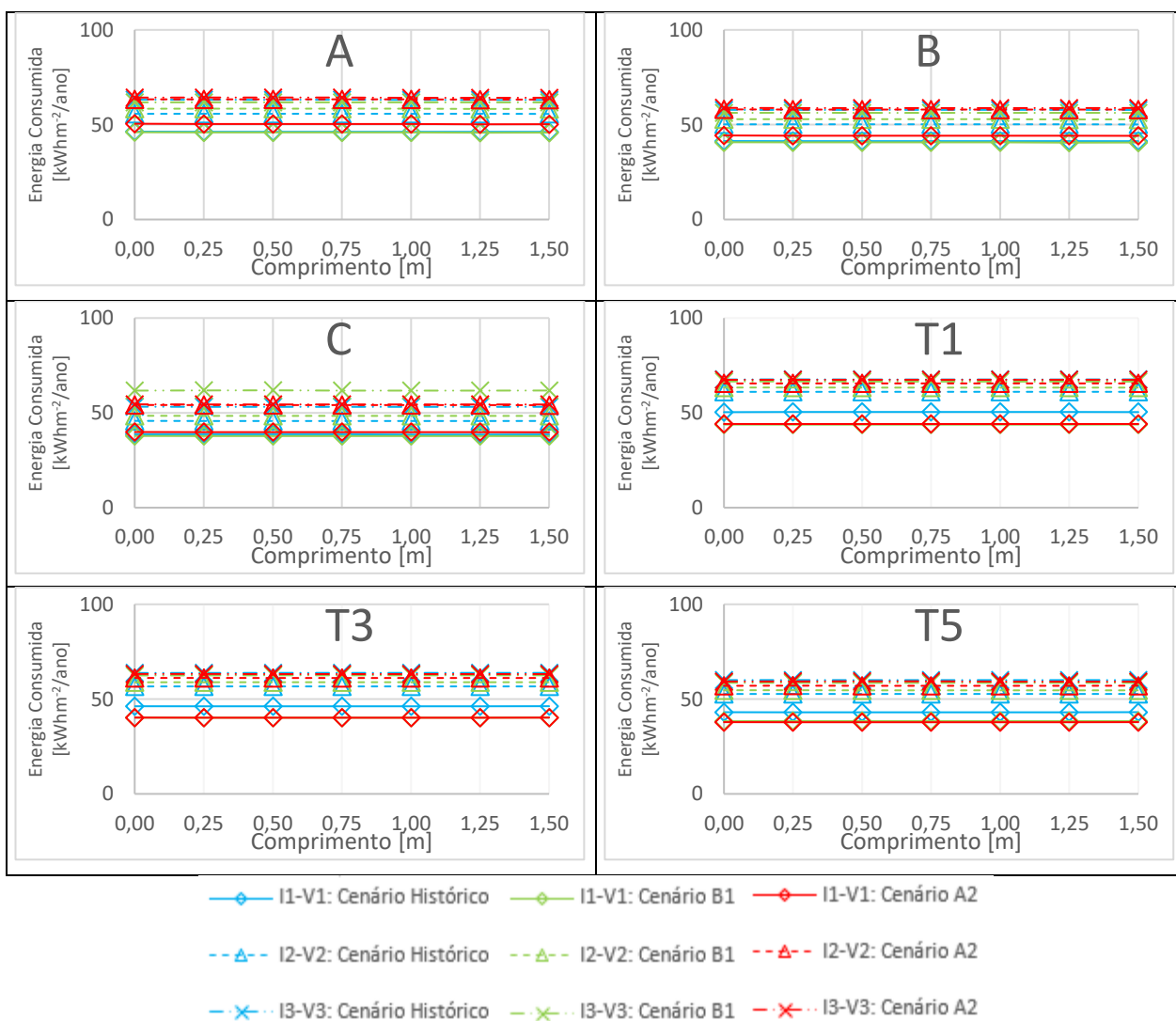


Figura D.16. Consumo energético do sistema AVAC da agência bancária para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

Clínica

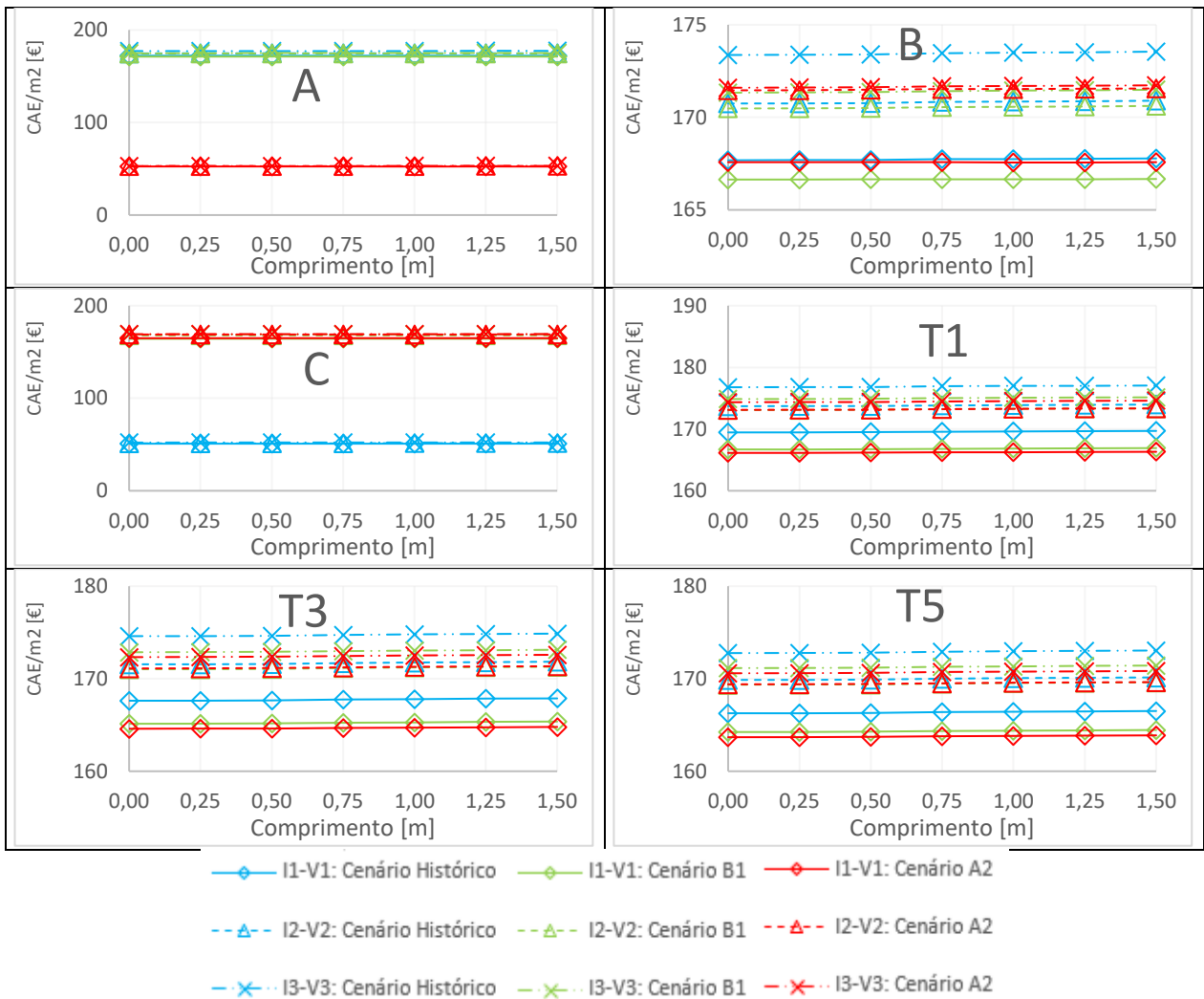


Figura D.17. CAE da clínica para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

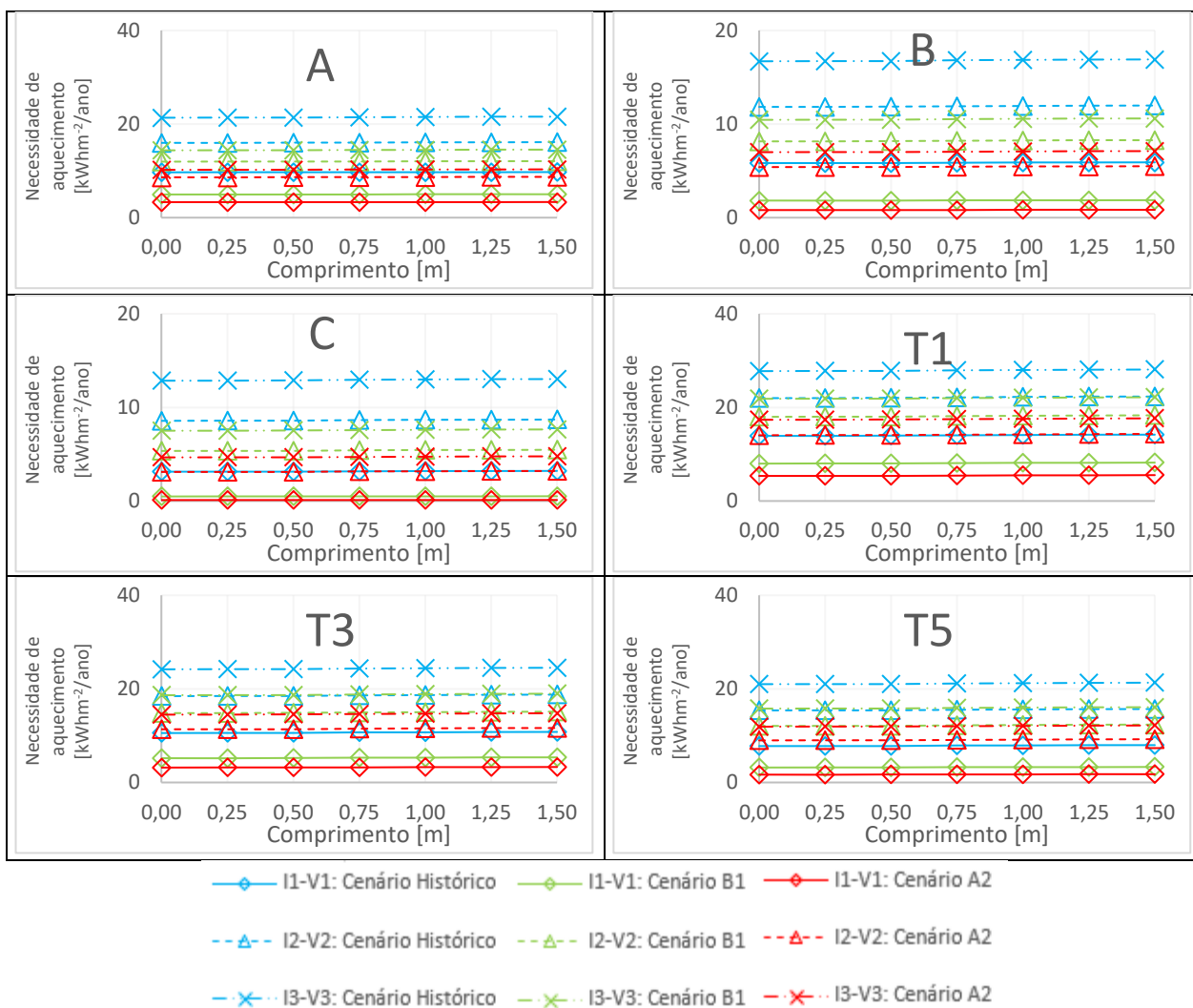


Figura D.18. Necessidade energética de aquecimento da clínica para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

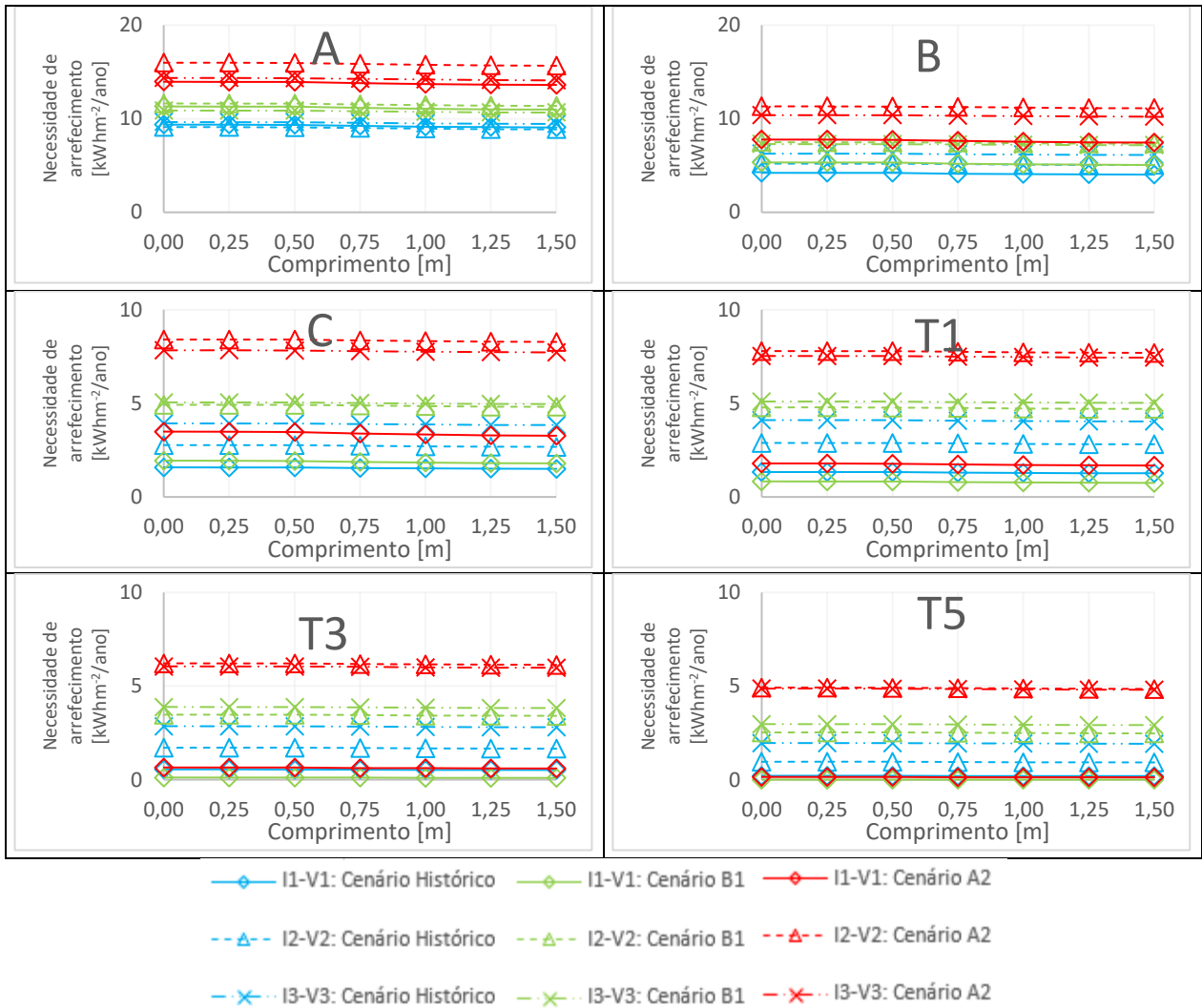


Figura D.19. Necessidade energética de arrefecimento da clínica para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

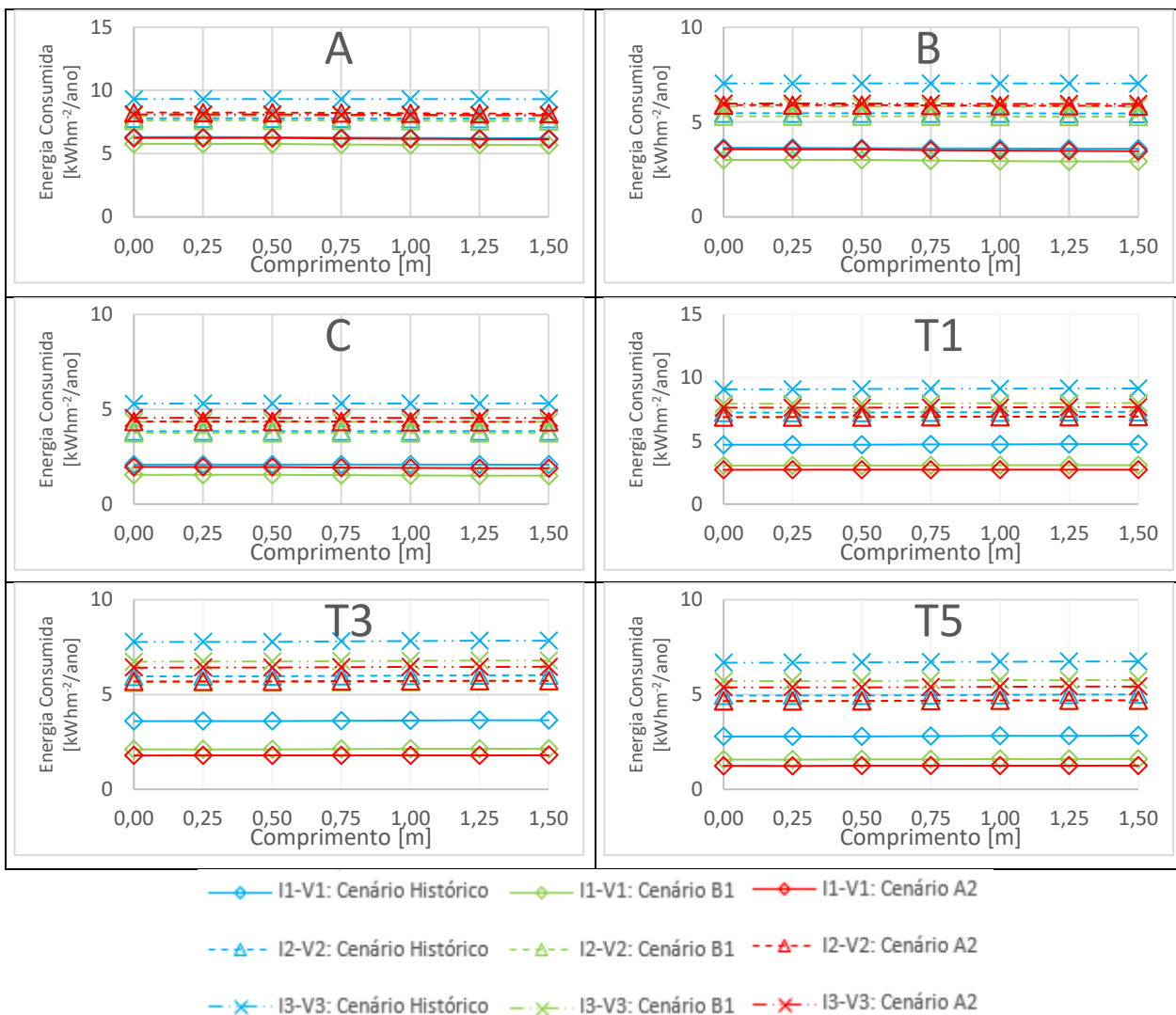


Figura D.20. Consumo energético do sistema AVAC da clínica para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da sala.

Supermercado

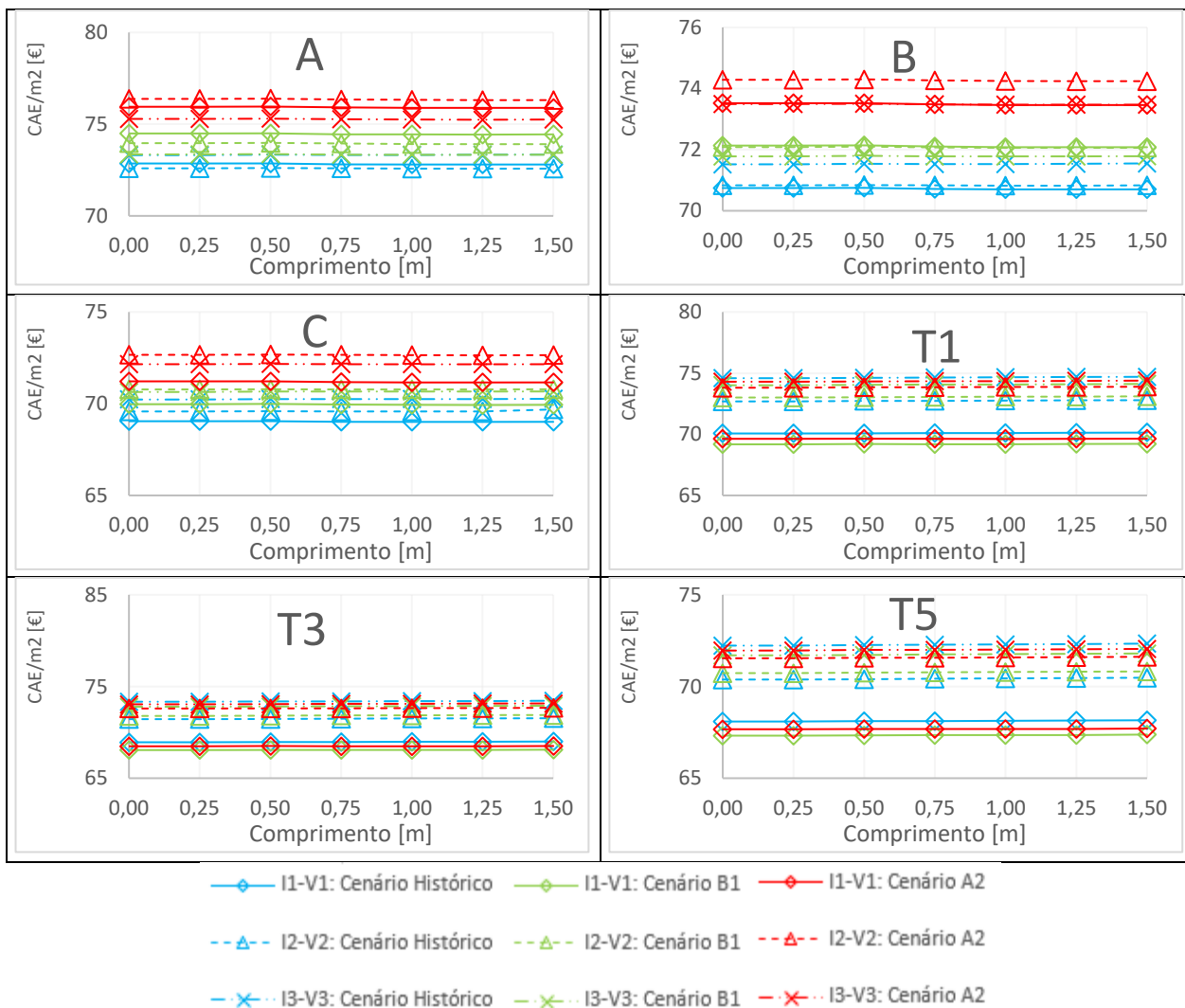


Figura D.21. CAE do supermercado para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

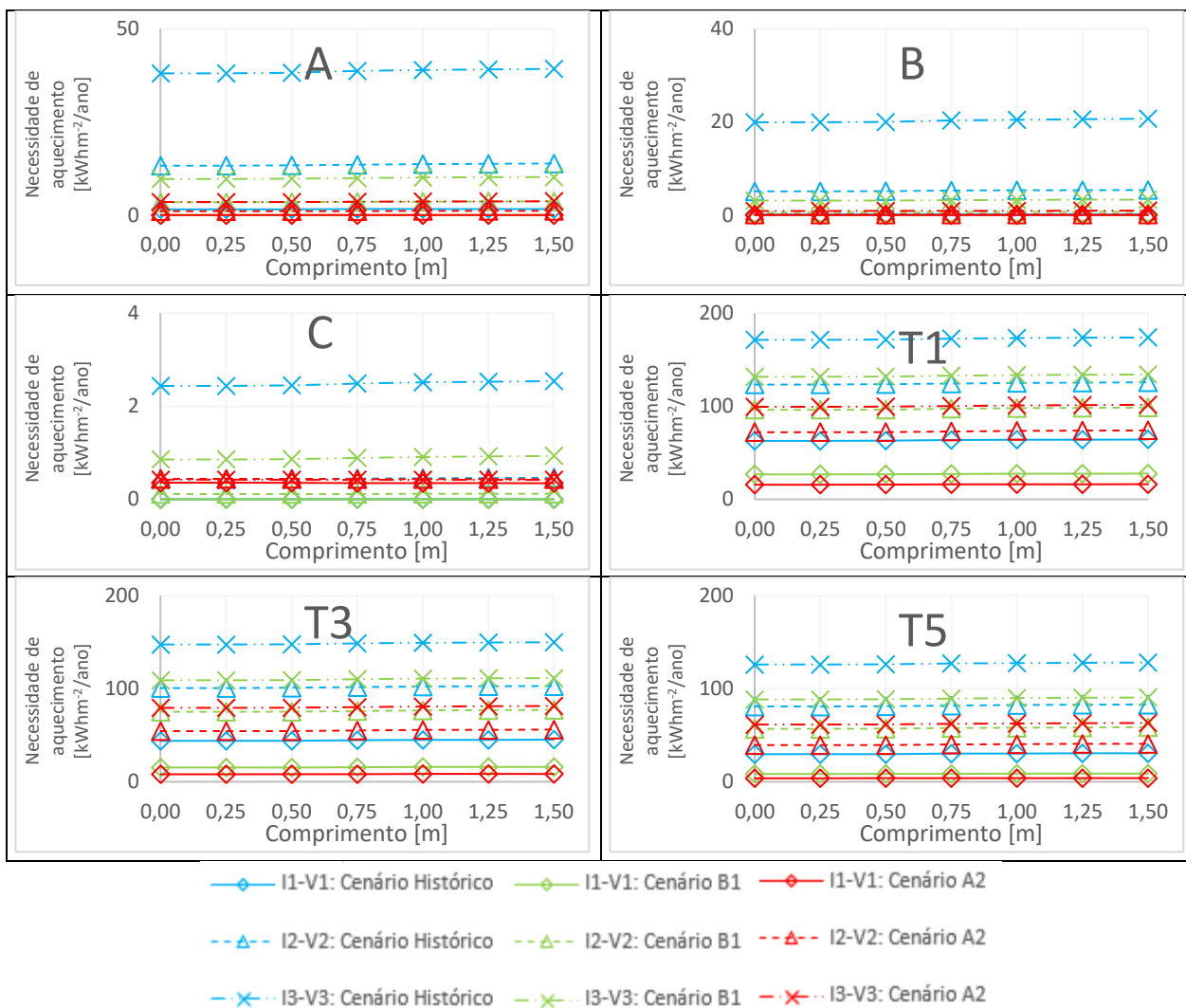


Figura D.22. Necessidade energética de aquecimento do supermercado para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

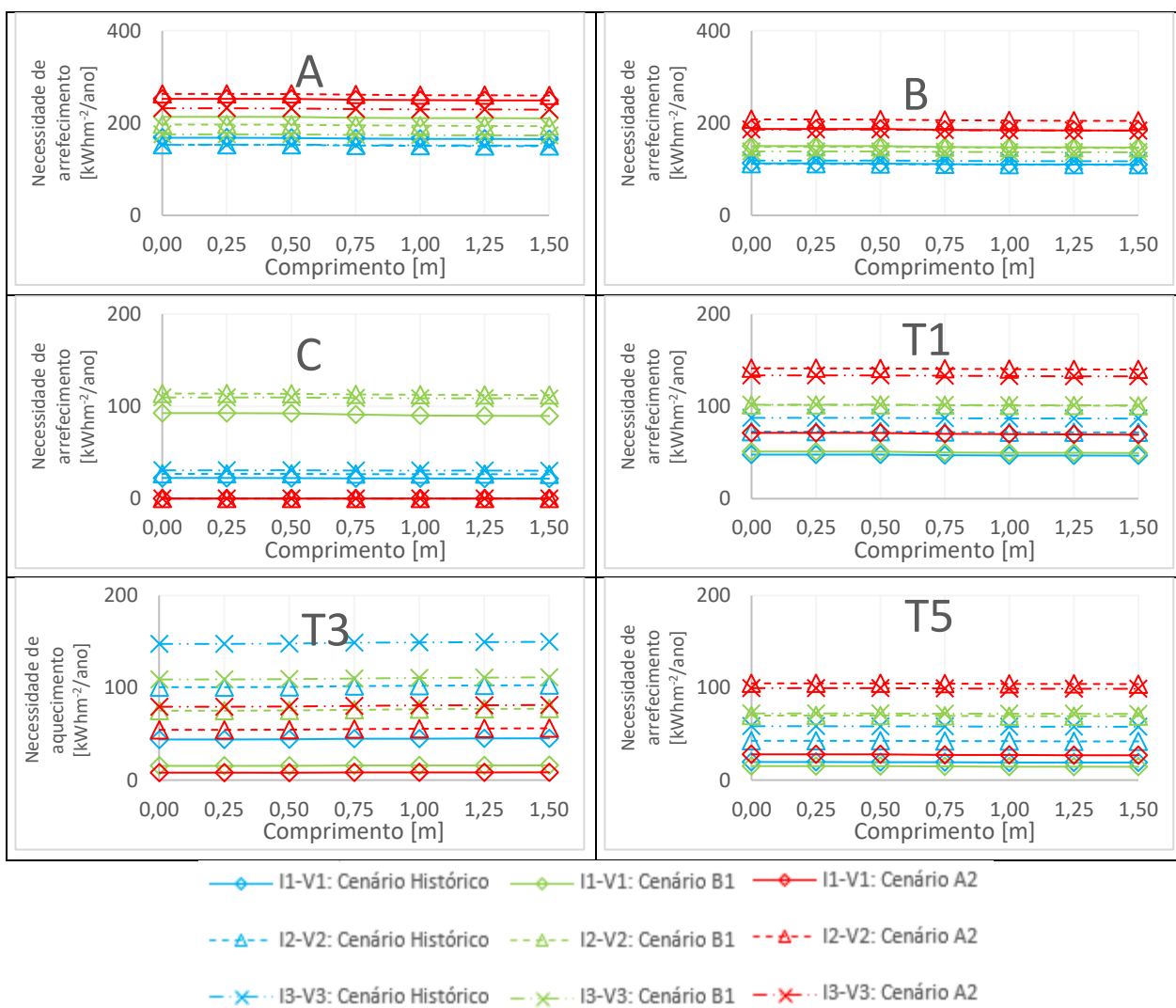


Figura D.23. Necessidade energética de arrefecimento do supermercado para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

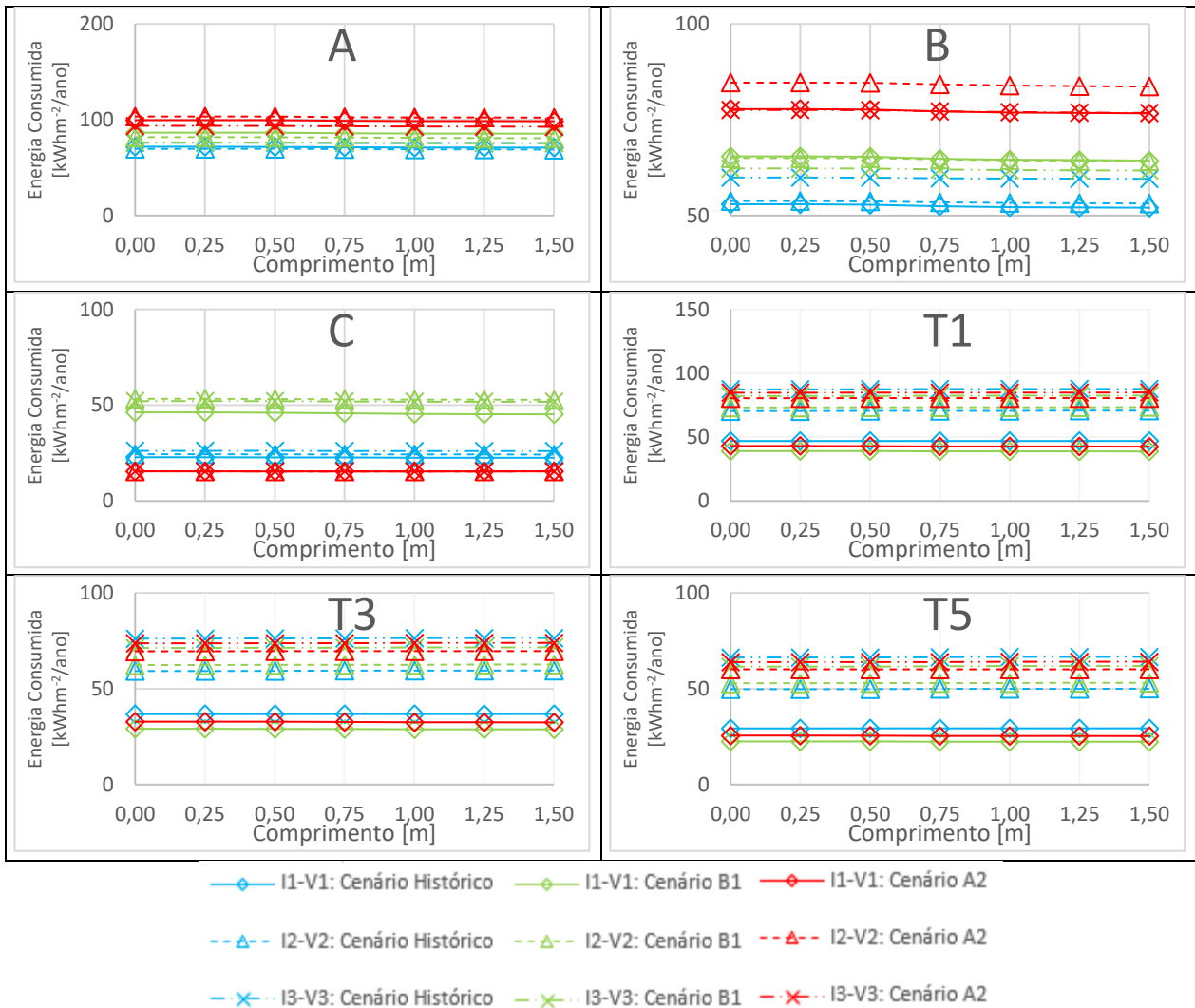


Figura D.24. Consumo energético do sistema AVAC do supermercado para todas as zonas climáticas e cenários futuros em função do comprimento da pala.

Erro! A origem da referência não foi encontrada.
