CAPÍTULO II
REVISÃO DA LITERATURA

> "Na impossibilidade de abordar o Futebol na sua total expressão, torna-se conveniente perceber de que forma a entrada por uma "porta principal" de acesso ao conhecimento do fenómeno jogo, pode contribuir para clarificar o seu entendimento e viabilizar uma intervenção mais eficaz."
>
> (Júlio Garganta, 1997)

1. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL E FISIOLÓGICA DO JOGO DE FUTEBOL

A importância que esta modalidade desportiva conquistou no seio da sociedade quotidiana leva-nos a pensar que estamos perante um caso de popularidade e de um fenómeno social à escala mundial.

Esta importância estende-se também a toda a comunidade científica que, cada vez mais, procura estudar o Futebol de forma a desenvolver modelos de treino cada vez mais eficazes e que optimizem as exigências específicas da modalidade.

Nos nossos dias, as demandas do Futebol podem ser divididas em quatro componentes: técnica, táctica, social/psicológica e física (Bangsbo, 1994).

Assim, a avaliação da resposta funcional dos atletas em situação de jogo ou de competição é cada vez mais importante, na medida em que procura conhecer as exigências específicas do jogo. Este conhecimento vai contribuir para um planeamento e uma prescrição do treino mais adequada e eficaz.

Esta avaliação deve ser feita com base num estudo que pode ser efectuado a partir de diferentes pontos de análise: por um lado, podemos mensurar variáveis físicas e externas, como a distância percorrida, as acções de jogo (passes, lançamentos laterais, cabeceamentos, remates) ou a duração de cada tipo de deslocamento. Por outro lado, podemos avaliar a resposta fisiológica dos atletas através de variáveis

internas relativas aos seguintes parâmetros: frequência cardíaca, o lactato sanguíneo, o consumo de oxigénio ou ainda a utilização de substractos energéticos.

1.1. Características da actividade física do futebolista no jogo

Em jogos de Futebol disputados entre equipas de elite, realizaram-se 900 a 1000 acções com bola, das quais 350 passes de primeira (a um toque) e 150 passes a dois toques (Shephard, 1990). As equipas de sucesso desportivo realizaram, em média, 16 a 30 ataques e 7 a 10 remates direccionados para a baliza para obterem um golo (Luhtanen, 1990).

É possível estabelecer uma analogia entre as características da actividade física inerentes ao jogo e as exigências fisiológicas impostas pelo mesmo (Reilly, 1990, 1994). A distância total percorrida pelos jogadores durante o jogo reflecte a produção de trabalho mecânico, o qual se relaciona directamente com o gasto energético (Reilly e Thomas, 1976).

Na tabela 1 apresentamos dados publicados sobre a distância percorrida pelos jogadores durante o jogo.

Tabela 1: Distâncias (em Km) percorridas por futebolistas durante o jogo:

Autor	Equipa	n	Distância (Km)
Agnevik (1970)*	1.ª Divisão Sueca		10,2
Whitehead (1975)*	1.ª Divisão Inglesa		13,5
Reilly e Thomas (1976)			8,7 (7,1–10,9)
Whiters et al. (1982)	Profissionais Australianos		11,5
Ekblom (1986)	2.ª Divisão Alemã	10	9,8
Bangsbo et al. (1991)		14	10,80 (9,49–12,93)
Rebelo (1993)	1.ª Divisão Portuguesa	24	9,60 (7.87-11.50)
Strodwick e Reilly (2001)	1.ª Liga Inglesa	24	11,3

* citados por Ekblom (1986)

Partindo da análise da Tabela 1, podemos constatar que a distância total percorrida pelos jogadores durante um jogo de Futebol se situa entre os 8 Km e os 14 Km. A variação dos valores obtidos nos diversos estudos levados a cabo pelos autores pode dever-se à utilização de metodologias distintas de observação (Ekblom, 1986;

Bangsbo, 1993), ao nível competitivo (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1993) e às características tácticas das equipas envolvidas. (Ekblom, 1986). A excepção neste caso deve ser feita ao guarda-redes, que percorre aproximadamente 4 Km por jogo (Whitehead, 1975; Reilly e Thomas, 1976; Whiters et al., 1982; Ekblom, 1986; Bangsbo e Lindqvist, 1992; Rebelo e Soares, 1996).

Comparando as distâncias percorridas pelos jogadores entre a primeira e a segunda parte do jogo, verifica-se um decréscimo na segunda parte do jogo (Van Gool et al., 1988; Bangsbo et al., 1991; Strudwick e Reilly, 2001). Este decréscimo da distância poderá estar relacionado com a fadiga.

Por outro lado, estudos realizados por Reilly e Thomas 1976; Withers et al., 1982; Bangsbo et al., 1991; Rebelo, 1993, demonstram um comportamento divergente entre as posições específicas dos jogadores. Assim, enquanto os médios centrais e os defesas laterais percorrem a mesma distância na primeira e segunda partes, os defesas centrais e os avançados apresentam uma prestação superior na primeira parte. Por outro lado, estabelecendo uma analogia entre as distâncias percorridas pelos jogadores e a posição que ocupam no terreno de jogo, verificamos valores superiores nos médios.

Tabela 2: Distância percorrida por futebolistas durante o jogo de acordo com o estatuto posicional (em Km)

Autor	Defesas	Médios	Avançados
Reilly e Thomas (1976)	8,2	9,8	8,4
Ekblom (1986)	9,6	10,6	10,1
Bangsbo et al. (1991)	10,1	11,4	10,5

No entanto, no decorrer de um jogo, os deslocamentos efectuados pelos jogadores obedecem a diferentes intensidades e inclusivamente a diferentes padrões motores de actividade muscular. Bangsbo (1994), realizou um estudo que tinha como base quantificar as distâncias percorridas pelos futebolistas de elite. Observou jogadores de elite Dinamarqueses e procedeu às seguintes conclusões:

- Os jogadores de alto nível estão parados ou a caminhar mais de metade do tempo de jogo;

- Os jogadores de elite correm mais na primeira parte de um jogo em relação à segunda. No entanto, a distância percorrida pela corrida de alta velocidade é a mesma;
- Os jogadores de elite executam uma corrida mais intensa em relação aos não jogadores de elite;
- Os médios apresentam valores mais elevados de corrida lenta em relação aos defesas e avançados, embora os valores de corrida de alta velocidade sejam os mesmos para os três grupos;
- Alguns jogadores não utilizam totalmente a sua capacidade física durante um jogo.

De referir que estas conclusões são representativas para o Futebol em geral, pois esta actividade realizada pelos futebolistas de elite Dinamarqueses, assemelha-se aos futebolistas de elite da Suécia, Alemanha, Austrália e Inglaterra.

Segundo Ekblom (1986) e Bangsbo et al. (1991) é possível estabelecer uma relação linear entre o nível de competição e qualidade do jogo e a distância percorrida ou a frequência de deslocamentos de elevada intensidade, apesar de existir uma grande dissemelhança de intensidades dos deslocamentos.

Se analisarmos os dados correspondentes a jogos entre equipas de alto nível, podemos verificar que os jogadores realizam deslocamentos com bola em cada 30 segundos, realizando também um *sprint* com uma duração aproximada de 2 a 3 segundos em intervalos de tempo de 4 a 5 minutos. Se considerarmos que um jogador joga os 90 minutos do tempo regulamentar, podemos aferir que este realiza em média 18 a 20 *sprints* por jogo. No entanto, Reilly e Thomas (1976) associaram os *sprints* aos deslocamentos de grande intensidade. Este facto provocou um aumento da frequência dos mesmos para 76, o que representa um deslocamento de alta intensidade em cada 70 segundos. Outro aspecto que é importante realçar, prende-se com o facto da frequência dos sprints não se alterar da primeira para a segunda parte do jogo, embora Rebelo (1999) tenha registado um decréscimo na velocidade média dos sprints de 20 metros durante a segunda parte dos jogos.

Existem outras actividades no decorrer de um jogo de Futebol que são susceptíveis a observação e a avaliação por parte da comunidade científica. Assim, os *tackles*, os cabeceamentos, as mudanças de direcção e sentido e os saltos fazem parte deste grupo de actividades motoras inerentes a esta modalidade desportiva que merecem alguma ponderação na nossa análise. Estudos efectuados por Withers et al. (1982), Ekblom (1986) e Bangsbo et al. (1991) registaram uma média de 11 a 13 *tackles* por jogo. Relativamente aos cabeceamentos, Bangsbo (1994) define 8 como a média geral obtida durante um jogo. Reilly e Thomas (1976) registaram 15,5 saltos por jogo, em média de cada jogador. Em relação às mudanças de direcção e de sentido com e sem bola, Rebelo (1993) concluiu que a média varia entre 17 e 19 vezes por jogo. O mesmo autor refere que durante um jogo de Futebol ocorrem 7 a 12 travagens bruscas por parte dos jogadores.

Esta avaliação dos parâmetros externos representa uma grande ajuda na caracterização da modalidade. Contudo, para existir um maior rigor na avaliação da resposta funcional dos atletas, devemos recorrer à caracterização das variáveis internas.

1.2. Caracterização morfológica e antropométrica do futebolista

Nas condições actuais da competição desportiva ao mais alto nível, os atletas concorrem, em dimensão e forma do corpo para protótipos característicos das suas modalidades. Segundo Cárter (1984), esta tendência é notória a partir dos Jogos Olímpicos de Londres, em 1948, reflectindo uma exigência cada vez maior do processo de preparação desportiva nas suas diversas vertentes (técnica, táctica, treino específico, preparação geral e organização competitiva), a qual se acompanha naturalmente de uma pressão selectiva que tende a reter (pela recompensa do êxito) os indivíduos cuja estrutura morfológica, juntamente com outros requisitos, os torna mais ajustáveis às condições particulares de prestação.

Na Tabela 3 estão representados alguns valores morfológicos e antropométricos registados em jogadores de Futebol.

Tabela 3: Características antropométricas e biográficas de futebolistas profissionais de elite:

Fonte	Nacionalidade	Nível	n	Idade	Estatura (cm)	Massa (Kg)	Massa gorda (%)	Somatótipo	CMJ (cm)
Faina et al. (1988)	Itália	Profissional	27	26,0±4,8	177,2±4,5	74,4±5,8			43,5±4,9
White e tal. (1988)	Inglaterra	Profissional D1	17	23,3±0,9	180,4±1,7	76,7±1,5	19,3±0,6	2.6-4.2-2.7	59,8±1,3
Togari et al. (1988)	Japão	Nacional	20	24,20±2,48	175,3±5,8	69,7±5,0			
Chin et al. (1992)	Hong Kong	Profissional	24	26,3±4,2	173,4±4,6	67,7±5,0	7,3±?		
Puga et al. (1993)	Portugal	Nacional	21	26±?	178,1±?	73,8±?	11±?		
Dunbar e Power (1995)	Inglaterra	Profissional PL	18	22,5±3,6		77,7±7,6	12,6±2,9		
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D1	16	18-30	178,8±3,8	74,8±6,6	7,6±0,7		64,8±4,6
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D2	16	18-30	177,7±3,4	69,6±4,1	7,1±0,4		54,1±5,7
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D3	16	18-30	178,8±5,9	72,7±6,5	7,2±0,4		57,0±7,5
Mercer et al. (1995)	Inglaterra	Profissional D1	15	24,7±3,8	179,0±8,0	77,6±9,2	16,2±3,4		48,8±6,8
Raastad et al. (1997)	Noruega	Profissional	28	23,5±3,0		78,9±7,8			
Bury et al. (1998)	Bélgica	Profissional D1	15	24,2±2,6	180,7±5,2	76,8±5,2	14,1±1,1		
Wisloff et al. (1998)	Noruega	Profissional D1	14	23,8±3,8	181,1±4,8	76,9±6,3			56,7±6,6
Wisloff et al. (1998)	Noruega	Profissional D1	15	23,8±3,9	180,8±4,9	76,8±7,4			53,1±4,0
Mujika et al. (2000)	Espanha	Profissional	17	20,3±1,4	179,9±5,5	74,8±5,5	7,9±1,6		47,4±6,0
Rico-Sanz et al. (1999)	Suiça	Profissional	17	17,5±1,0	177,7±5,3	69,4±6,4			
Aziz et al. (2000)	Singapura	Nacional Elite	23	21,9±3,6	175,0±6,0	65,6±6,1			
Rienzi e tal. (2000)	América Sul	Profissional	11	26,1±4,0	177,0±6,0	76,4±7,0	10,6±2,6	2.2-5.4-2.2	
Sözen et al. (2000)	Turquia	Profissional	83	25,5±4,0	177,8±5,5	73,6±8,5			
Al-Hazzaa et al. (2001)	Arábia Saudita	Profissional	154	25,2±3,3	177,2±5,9	73,1±6,8	12,3±2,7		
Casajús (2001)	Espanha	Profissional	15	26,3±3,1	180,0±7,0	78,5±6,4	8,20±0,91	2.6-4.9-2.3	41,4±2,7
Cometti et al. (2001)	França	Profissional D1	29	26,1±4,3	179,8±4,4	74,5±6,2			41,6±4,2
Cometti et al. (2001)	França	Profissional D2	32	23,2±5,6	178,0±5,8	73,5±14,7			39,7±5,6
Helgerud et al. (2001)	Noruega	Profissional D1	19	18,1±0,8	181,3±5,6	72,2±11,1			54,7±3,8
Craven e tal. (2002)	Inglaterra	Profissional D1	14	23	181,0±6,0	80,1±9,2			
Dowson et al. (2002)	Nova Zelândia	Nacional	21	Sénior	178,0±6,8	78,4±6,0	17,4mm		48,0±4,6
Strudwick et al. (2002)	Inglaterra	Profissional PL	19	22,0±2,0	177,0±5,9	77,9±8,9	12,3±2,9		

Existem características específicas inerentes a um futebolista que poderão ter como consequência uma especialização em determinada posição no terreno de jogo. Os guarda-redes, os defesas centrais e os avançados são normalmente usados como "alvos" para a conquista da posse da bola (principalmente em lances aéreos), tendo uma tendência para serem mais altos em relação a jogadores que actuam em outras posições no terreno de jogo (Bangsbo, 1994; Wisloff et al., 1998; Sözen et al., 2000; Al-Hazzaa et al., 2001).

Existe um outro conceito de classificação morfológica, designado somatotipologia. Este método de classificação tem implícito o conceito de somatótipo, que representa uma descrição em três dimensões: endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo. Segundo Reilly (1990), os valores típicos do somatótipo para os futebolistas eram 3-5-3, reflectindo uma inclinação para o mesomorfismo. Noutro estudo, levado a cabo por Rienzi et al. (2000) foram registados os somatótipos dos jogadores de elite participantes na Copa América: 2,2-5,4-2,2 ($\pm$0,7; $\pm$1,0; $\pm$0,73). Casajús (2001) também encontrou atletas de elite da Primeira Liga Espanhola que reflectiam esta tendência para o mesomorfismo, 2,4-4,8-2,3 ($\pm$0,52, $\pm$0,88, $\pm$0,73).

Horta (1994) concluiu um estudo longitudinal que tinha como objectivo analisar a evolução da massa e massa gorda corporais ao longo do tempo, numa população de futebolistas do sexo masculino de alta competição da Primeira Divisão Portuguesa. A massa e a massa gorda (soma de quatro pregas cutâneas) corporais foram controladas ao longo de seis épocas consecutivas. O autor concluiu que estes parâmetros não aumentam significativamente com o decorrer da idade em jogadores seniores de futebol de alto nível competitivo. Segundo o autor, estes resultados reflectem as elevadas solicitações energéticas a que os atletas estão sujeitos, conduzindo à "queima" de gordura do tecido celular subcutâneo e a uma manutenção da massa muscular.

1.3. Características fisiológicas do jogo

1.3.1. Vias energéticas

Segundo Shephard (1982), as vias energéticas predominantemente utilizadas durante um jogo de Futebol são semelhantes às mais utilizadas em outros desportos tipicamente intermitentes.

Nos nossos dias, um jogo de Futebol exige dos jogadores uma elevada intensidade de esforço. O esforço nesta modalidade desportiva é caracterizado como intermitente. As fases de repouso ou baixa intensidade são alternadas e mescladas com fases de alta intensidade com uma duração variável, não permitindo uma recuperação completa. Os esforços físicos são repartidos aleatoriamente pelo jogo, solicitando todas as fontes energéticas e constituem-se como requisitos para a realização dos distintos tipos de deslocamento e das acções técnico-tácticas específicas de cada jogador (Lacour & Chatard, 1984; Vogelaere et al., 1985; Ekblom, 1986; Bangsbo, 1997; Grinvald, 1998; Rebelo, 1999; Soares, 2000).

No decorrer de uma partida de Futebol, o VO_2 solicitado por um jogador representa 75% do $VO_{2máx}$, ou seja, ¾ do consumo máximo de oxigénio (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1993; Reilly, 1997; Shephard, 1999). Nesta perspectiva, Bangsbo (1994) define que a contribuição do metabolismo aeróbio representa aproximadamente 90% do consumo energético total. No entanto, este consumo energético é susceptível de sofrer alterações de diferentes ordens: tipo de competição, especificidade posicional do jogador no terreno de jogo, acções técnico-tácticas desempenhadas pelo atleta, acelerações e paragens bruscas, mudanças de direcção, saltos, cargas (Ekblom, 1986; Shephard e Leatt, 1987; Shephard, 1992; Soares, 1993; Reilly, 1994; Reilly, 1997).

Por outro lado, também temos a contribuição do metabolismo anaeróbio. Já foi dito anteriormente que durante um jogo de Futebol, os atletas realizam uma série de *sprints.* Este tipo de actividades (*sprints*, *tackles*, cabeceamentos, saltos, cargas) depende fundamentalmente da energia proveniente do sistema anaeróbio.

Assim, Bangsbo (1993) defende que a degradação dos fosfatos de creatina (CP) e das reservas musculares de adenosina trifosfato (ATP) fornecem uma quantidade de energia importante durante os períodos curtos e intensos do jogo. Durante o jogo, a CP é passível de ser ressintetizada de forma rápida no organismo aquando de situações de pausa ou de baixa intensidade. Como o jogo de Futebol é caracterizado por períodos intermitentes de esforço, intercalando períodos de alta intensidade com períodos de baixa intensidade, é possível que as reservas de CP sofram uma constante alteração no decorrer do mesmo. Nesse caso, a CP desempenha um papel muito importante, na medida em que contribui para uma constante renovação do ATP durante o exercício de elevada intensidade (Bangsbo, 1993; Rebelo, 1999).

No entanto, quando se trata de mensurar ou quantificar a produção de energia num jogo de Futebol, surgem alguns problemas e dificuldades. Porém, estima-se que a contribuição da glicólise anaeróbia seja inferior a 10% do consumo energético total requerido (Bangsbo, 1993). Este facto não diminui a importância da participação do metabolismo anaeróbio nesta modalidade desportiva, uma vez que ele é fundamental para a produção de energia durante os períodos mais intensos do jogo.

1.3.2. Consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$)

O consumo máximo de oxigénio é um parâmetro utilizado para avaliar, não tanto a intensidade do esforço, mas sobretudo a capacidade aeróbia de trabalho dos futebolistas.

Contudo, a avaliação do $VO_{2máx}$ é habitualmente realizada em condições que não se assemelham, no essencial, à actividade que o jogador desenvolve em jogo (Ekblom, 1986), pelo que torna abusiva a predição do comportamento deste indicador na competição ou a definição de um qualquer perfil.

Sabe-se que o $VO_{2máx}$ não constitui um factor preponderante no desempenho de um futebolista (Faina et al., 1986), na medida em que a sua capacidade de trabalho não é necessariamente condicionada por este parâmetro (Bangsbo e Mizuno, 1988).

Os resultados encontrados em jogadores de alto nível revelaram que estes não possuem um $VO_{2máx}$ excepcional, nem mesmo quando comparados com indivíduos não atletas,

possuidores de uma condição física razoável (Jousselin et al., 1984; Faina et al., 1986; Rhodes et al., 1986; Vanfraechem e Thomas, 1993).

No entanto, este entendimento não é consensual. Autores como Rochcongar et al. (1981), Lacour e Chatard (1984) e Apor (1988), sustentam que existe uma relação directa entre o nível de preparação do jogador e o respectivo valor de $VO_{2máx}$.

Não obstante, o $VO_{2máx}$ parece constituir um argumento que beneficia a prestação duma forma indirecta, na medida em que, ao viabilizar uma recuperação mais rápida entre esforços, retarda o aparecimento da fadiga (Santos, 1995) e permite ao atleta manter o desempenho recorrendo a elevadas intensidades (Tumilty, 1993).

Jogadores de Futebol revelam claras diferenças, correspondendo a valores que oscilam, em média, entre 46,2 e 71,0 $ml.Kg.min^{-1}$. A disparidade entre alguns destes valores parece decorrer da utilização de diferentes protocolos de avaliação e ergómetros utilizados (Ekblom, 1986; Janeira, 1994).

Contudo, grande parte das diferenças deve ser também atribuída à variabilidade de situações inerentes a aspectos tácticos do jogo (Bangsbo, 1993), nomeadamente ao estatuto posicional e às funções específicas dos jogadores, bem como ao estilo e métodos de jogo adoptados pelas equipas (Reilly, 1996). Sabe-se, por exemplo, que os médios e os defesas laterais registam normalmente os valores mais elevados de $VO_{2máx}$ e que os mais baixos são obtidos pelos avançados e defesas centrais (Van Gool e tal., 1988; Bangsbo, 1993; Puga, 1993; Rodrigues dos Santos, 1995; Santos, 1995).

Toda esta labilidade explica, em grande parte, a razão porque não tem sido atribuída grande atenção aos valores do $VO_{2máx}$ em modalidades cuja estrutura é fortemente determinada por condicionalismos técnicos e tácticos (Janeira, 1994).

Alguns autores estudaram o $VO_{2máx}$ em futebolistas. A Tabela 4 resume alguns dos estudos efectuados.

Tabela 4: Valores de $VO_{2máx}$ estudados em futebolistas de elite:

Fonte	Nacionalidade	Nível	n	Idade	VO2máx ($mlKgmin^{-1}$)
Faina et al. (1988)	Itália	Profissional	27	26,0±4,8	58,9+6,1
White e tal. (1988)	Inglaterra	Profissional D1	17	23,3±0,9	49,6+1,2
Dunbar e Power (1995)	Inglaterra	Profissional PL	18	22,5±3,6	60,7+2,9
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D1	16	18-30	51,6+3,1
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D2	16	18-30	51,1+2,0
Tiryakí et al. (1995)	Turquia	Profissional D3	16	18-30	51,3+2,1
Mercer et al. (1995)	Inglaterra	Profissional D1	15	24,7±3,8	62,6+3,8
Raastad et al. (1997)	Noruega	Profissional	28	23,5±3,0	62,8+4,1
Bury et al. (1998)	Bélgica	Profissional D1	15	24,2±2,6	62,8+4,0
Rico Sanz et al. (1998)	Puerto Rico	Olímpico	8	17,0±2,0	69,2±?
Wisloff et al. (1998)	Noruega	Profissional D1	14	23,8±3,8	67,6+4,0
Wisloff et al. (1998)	Noruega	Profissional D1	15	23,8±3,9	59,9+4,1
Aziz et al. (2000)	Singapura	Nacional Elite	23	21,9±3,6	58,2+3,7
Al-Hazzaa et al. (2001)	Arábia Saudita	Profissional	154	25,2±3,3	56,8+4,8
Casajús (2001)	Espanha	Profissional	15	26,3±3,1	66,4+7,6
Helgerud et al. (2001)	Noruega	Profissional D1	19	18,1±0,8	64,3+3,9
Dowson et al. (2002)	Nova Zelândia	Nacional	21	Sénior	60,5+2,6
Strudwick et al. (2002)	Inglaterra	Profissional PL	19	22,0±2,0	59,4+6,2

1.3.3. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é um indicador da carga interna bastante útil para a obtenção de informação acerca da intensidade do esforço físico durante o jogo. A sua validez está assegurada sempre que esta seja controlada de forma contínua ao longo do jogo e não interfira drasticamente com o desempenho do atleta.

Este parâmetro também é importante para obter informação sobre o dispêndio de energia aeróbia durante o jogo de Futebol, na medida em que os valores registados durante o mesmo estabelecem relação com os valores da frequência cardíaca e do VO_2 determinados em laboratório (Bangsbo, 1993; Bangsbo, 1994; Balsom, 2000). Este método é caracterizado como indirecto, embora o erro existente na estimativa do dispêndio de energia seja reduzido (Bangsbo, 1993; Bangsbo, 1995). O mesmo autor refere ainda que este método tem a vantagem de não interferir com o desempenho dos jogadores, o que traduz um maior rigor na informação sobre a contribuição do

metabolismo aeróbio no Futebol. Por outro lado, é um método relativamente económico, além de não ser invasivo (Rebelo & Sá, 2004). Alguns autores estudaram este parâmetro em jogos de Futebol (Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios da frequência cardíaca durante o jogo.

Autor	FC (bpm)	% FC máxima (bpm)
Seliger (ex-Checoslováquia) (1968)*	165	80
Agnevik (Suécia) (1970)*	175	93
Smodlaka (Rússia) (1978)*	171	
Reilly (Inglaterra) (1986)	157	
Van Gool et al. (Bélgica) (1988)	167	86
Ali e Farraly (Inglaterra) (1991)	169	
Ogushi et al. (Japão) (1993)	161	82
Smith et al. (Inglaterra) (1993)	168	
Bangsbo (Dinamarca) (1994)	171	
Florida-James e Reilly (Gales) (1995)*	161	
Marechal (Bélgica) (1996)	168	

* citados por Oliveira (2000)

Leali (1995), citado por Nunes e Gomes Pereira (2001), avaliou a frequência cardíaca em jovens futebolistas do Campeonato Nacional Italiano, encontrando valores médios de 195 bpm para os jogadores com 16 anos e 191 bpm para os jogadores com 17 e 18 anos. Estes resultados, evidenciam claramente valores superiores aos dos futebolistas seniores (apresentados no Tabela 5), o que vai de encontro com a afirmação de alguns autores, na medida em que a frequência cardíaca, para a mesma intensidade de esforço, diminui com a idade (Astrand e Rodahl, 1986).

Se analisarmos os valores obtidos da FC em cada parte do jogo, a primeira apresenta frequentemente valores mais elevados (Tabela 6). Este facto pode-se dever à fadiga que se vai instalando com o decorrer do jogo, levando os jogadores a reduzir a sua participação no mesmo (Ali e Farrally, 1991; Nunes e Gomes Pereira, 2001) ou ao resultado do jogo ser bastante desnivelado, que poderá desinteressar os futebolistas de continuar a discuti-lo com o mesmo empenho (Ali e Farrally, 1991).

Tabela 6: Valores médios da frequência cardíaca durante o jogo.

Autor	1.ª Parte (bpm)	2.ª Parte (bpm)
Van Gool et al. (1988)	169	165
Fornaris et al. (1989)	169	170
Ali e Farrally (1991)	171	167
Ogushi et al. (1993)	161	161
Bangsbo (1993)	164	154
Bangsbo (1994)	173	169

Bangsbo (1994) monitorizou a FC de um jogador de elite Dinamarquês durante um jogo de Futebol oficial e competitivo. O batimento cardíaco deste atleta situou-se entre 150 e 190 bpm. Segundo Bangsbo (1994), estes valores são característicos dos jogadores durante um jogo, embora existam excepções, tais como os guarda-redes e defesas centrais que, desempenham um papel maioritariamente defensivo.

Por outro lado, os valores da FC monitorizados durante um jogo são mais elevados nos médios centrais e avançados em relação aos defesas (Van Gool et al., 1988; Bangsbo (1993).

Noutro estudo efectuado, Maréchal (1996) constatou que os períodos de recuperação são curtos, atendendo aos valores mais baixos da FC variarem entre 121 e 150 bpm. No entanto, estes valores correspondem aos períodos em que o jogo está parado, dado que, quando tal não sucede, a FC permanece superior a 150-160 bpm. Estes resultados estão de acordo com os de Bangsbo (1994), que refere que durante a maior parte do tempo de jogo a FC se situa entre os 150 e os 190 bpm, encontrando-se abaixo dos 150 bpm apenas durante breves períodos. Ainda em concordância com estes valores encontra-se o estudo de Ekblom (1986), que aponta para uma amplitude de variação de 120-185 bpm.

Com base nesta informação, podemos considerar que o esforço realizado durante o jogo de Futebol é intermitente e de elevada intensidade e os períodos de baixa intensidade não permitem, de modo geral, uma recuperação completa.

As medições da FC durante o jogo de Futebol têm permitido estimar, através da sua relação com o VO_2, valores médios de cerca de 70 a 80% do consumo máximo de

oxigénio ($VO_{2máx}$) (Ekblom, 1986; Van Gool et al., 1988; Reilly, 1990; Bangsbo, 1993; Balsom, 2000).

1.3.4. Lactatémia

No âmbito das investigações que têm sido levadas a cabo no Futebol, a concentração sanguínea de lactato assume-se como um parâmetro bastante importante. Este parâmetro pode servir como indicador da activação do sistema glicolítico e poderá ser útil para determinar a intensidade do exercício a que o atleta esteve submetido, ainda que de forma indirecta (Bangsbo, 1994).

Na maioria dos estudos em que se determinou a concentração de lactato sanguíneo no jogo de Futebol, as amostras foram colhidas no intervalo e no final dos jogos, tendo porém nalguns trabalhos sido obtidas durante os mesmos. Na Tabela 7, apresentam-se valores das concentrações de lactato de diferentes jogadores durante e no final de cada parte do jogo.

Tabela 7: Média e desvio-padrão ou amplitude de variação das concentrações de lactato (mmol/l) no sangue durante e após o jogo.

Autor	Jogadores	1.ª Parte		2.ª Parte	
		Durante	Final	Durante	Final
Ekblom (1986)	Suécia (1.ª Divisão)		9,5 (6,9-14,3)		7,2 (4,5-10,8)
	(2.ª Divisão)		8,0 (5,1-11,5)		6,6 (3,1-11,0)
	(3.ª Divisão)		5,5 (3,0-12,6)		4,2 (3,2-8,0)
	(4.ª Divisão)		4,0 (1,9-6,3)		3,9 (1,0-8,5)
Gerish et al. (1988)	Alemanha (Liga Amadora)		5,6±2,0		4,7±2,2
Rhode e Espersen (1988)	Dinamarca (1.ª e 2.ª Divisões)		5,1±1,6		3,9±1,6
Bangsbo et al. (1991)	Dinamarca (1.ª e 2.ª Divisões)	4,9 (2,1-10,3)		3,7 (1,8-5,2)	4,4 (2,1-6,9)
Smith et al. (1993)	Inglaterra (Futebol Universitário)	5,2 (1,8-11,6)*			
Maréchal (1996)	Bélgica (Profissionais)		4,0		3,0
Rebelo (1999)	Portugal (1.ª Divisão)	4,2 (2,0-7,3)*			

* Valores referentes a amostras colhidas durante o jogo (1.ª e 2.ª partes)

Se analisarmos a Tabela 7, verificamos que os valores médios de lactato variam entre 3,0 e 9,5 mmol/l, com valores individuais acima dos 10 mmol/l, o que demonstra que o sistema de produção de energia ao nível do metabolismo anaeróbio é fortemente solicitado durante o jogo. Observa-se também que as concentrações de lactato sanguíneo são inferiores na segunda parte comparativamente à primeira, o que está em convergência com os valores mais baixos da FC, com a menor distância percorrida e com a menor quantidade de exercício a alta intensidade que caracterizam esta parte do jogo (Bangsbo, 1993).

Bangsbo et al. (1991) constataram uma correlação significativa ($r=0,61$, $p<0,05$) entre as concentrações de lactato e a duração da corrida de alta intensidade nos últimos 5 minutos de jogo anteriores à recolha da amostra.

Durante as fases menos intensas do jogo, o lactato é constantemente removido e metabolizado (Van Gool et al., 1988). Assim, as concentrações de lactato sanguíneo não

reflectem as quantidades produzidas, mas sim o balanço entre a produção, libertação e remoção do lactato no sangue produzido num curto período antes da recolha (Bangsbo et al., 1991; Bangsbo, 1993; Petersen et al., 1999).

Deste modo, podemos referir que as concentrações de lactato obtidas durante e após o jogo não permitem quantificar a contribuição da glicólise anaeróbia para a produção energética no jogo de Futebol, podendo apenas ser usadas para declarar que foi produzida energia através do metabolismo glicolítico, que teve como consequência uma acumulação de ácido láctico (Bangsbo, 1990; Bangsbo et al., 1991; Gastin, 1994; Balsom, 2000).

Ohashi et al. (1993) analisaram a velocidade de deslocamento de 3 futebolistas durante o jogo e estabeleceram uma relação com as concentrações de lactato obtidas a diversas velocidades num teste de laboratório. Os autores verificaram que os atletas percorriam 27,8% da distância e permaneciam 10,4% do tempo de jogo acima das 4 mmol/l. Tendo como base o conceito de que acima deste nível de lactatemia há uma solicitação intensa da glicólise anaeróbia, os autores sugerem as seguintes relações de trabalho aeróbio/anaeróbio: 7/3 para a distância total percorrida e 9/1 para o tempo total de jogo.

Por outro lado, alguns aspectos tácticos parecem ser passíveis de produzir alterações ao nível da produção de lactato. De facto, Gerish et al. (1988) constataram que a utilização do método de defesa individual produzia maiores concentrações de lactato em detrimento do método de defesa à zona.

Smith et al. (1993) estudaram o comportamento da lactatemia no jogo em 6 jogadores com posições específicas distintas (defesa lateral esquerdo, defesa central, médio centro, médio esquerdo, médio direito e avançado centro), tendo verificado os valores mais elevados no médio centro e no avançado centro, com 10,52 e 11,63 mmol/l respectivamente. Os resultados mais baixos da amostra foram obtidos pelo defesa central, facto que os autores atribuem à utilização do método de defesa à zona.

Os mesmos autores observaram que os valores de lactato variavam consideravelmente no mesmo indivíduo durante o jogo (2,55-10,52mmol/l). Rebelo (1999) constatou também uma elevada variabilidade inter-individual nos valores de lactatemia no jogo

(Tabela 8). As referidas variações podem estar relacionadas com a motivação dos jogadores (Bangsbo, 1993, 1995), com o estilo de jogo (Bangsbo, 1993, 1995), com o ritmo do mesmo (Tumilty et al., 1988) e com os aspectos tácticos e estratégicos (Gerish et al., 1988; Bangsbo, 1993, 1995). Estas diferenças podem também ser atribuídas a capacidades distintas, de jogador para jogador, para remover o lactato produzido (Bangsbo et al., 1991), à intensidade do exercício realizado antes da recolha da amostra (Soares, 1988; Bangsbo et al., 1991; Bangsbo, 1993), ao nível de treino e às características das fibras musculares dos futebolistas (Cazorla e Farhi, 1998).

Tabela 8: Concentrações de lactato (La) no sangue de diferentes atletas no final do jogo (adaptado de Rebelo, 1999).

Atleta	La (mmol/l)
1	6,30
2	2,04
3	7,30
4	2,80
5	2,80
6	7,00
7	2,95
8	2,95
9	6,50
10	2,10
Média	4,2±2,1

Com base na variabilidade destas determinações e na reduzida frequência de *sprints* longos no jogo, alguns autores afirmam que a produção de energia anaeróbia tem pouco significado no Futebol (Rodhe e Esperson, 1988; Maréchal, 1996; Reilly, 1997). Bruyn-Prevost et al. (1983), citados por Maréchal (1996) e Nunes e Gomes Pereira (2001) também consideram que o Futebol solicita sobretudo o metabolismo anaeróbio aláctico e o aeróbio. Contudo, Reilly (1990) afirma que apesar do metabolismo aláctico contribuir para a produção energética nos períodos breves de actividade intensa, a via glicolítica é a principal. Por outro lado, mesmo em esforços de curta duração, existe elevada formação de lactato muscular (Jacobs et al., 1983). Atendendo às altas concentrações de lactato sanguíneo verificadas em diversos estudos, alguns autores (Smith et al., 1993; Bangsbo, 1994) atribuem também grande importância ao metabolismo anaeróbio láctico. Esta evidência é reforçada pelo estudo de Ohashi et al. (1993), atrás referido, que assinala percentagens relativamente importantes da distância

e tempo totais de velocidade de corrida acima das 4 mmol/l no jogo. É importante realçar o facto dos valores das concentrações de lactato serem fruto do balanço entre a sua produção e remoção, o que leva a que a produção seja por vezes subestimada (Bangsbo, 1990; Bangsbo et al., 1991; Reilly, 1997). Por outro lado, apesar do exercício de elevada intensidade ocupar apenas cerca de 7 minutos do tempo de jogo (Bangsbo et al., 1991), são as acções que se inserem neste tipo de exercício as mais determinantes para a obtenção de desequilíbrios na relação ataque-defesa (Garganta, 1999). Assim, em termos quantitativos, a produção de energia anaeróbia representa uma pequena parte, mas seguramente muito importante no que respeita às exigências metabólicas que se colocam ao futebolista no decorrer de um jogo.

2. TREINO EM FUTEBOL

Dentro de um jogo de Futebol, podemos encontrar formas muito diversas de manifestações de resistência. Como tal, na actualidade existem diversas formas de classificar esta qualidade física em função da perspectiva (fisiológica, prática, funcional, etc.) de que se está a analisar (Manso, 1996).

Manso (1996) refere que do ponto de vista da quantidade de massa muscular implicada na acção, podemos falar de resistência local ou resistência geral. Quando nos referimos à primeira, a musculatura solicitada para a acção deve ser inferior a 1/7 ou 1/6 do total da musculatura esquelética. No caso de ser superior, então falamos em resistência geral (Hettinger & Hollman, citados por Manso, 1996). Também na base deste critério, Zaziortski (1992) refere-se à resistência local quando intervém menos de 1/3 da musculatura esquelética, resistência regional quando intervém entre 1/3 e 2/3 da musculatura e resistência global quando intervém mais de 2/3 da musculatura.

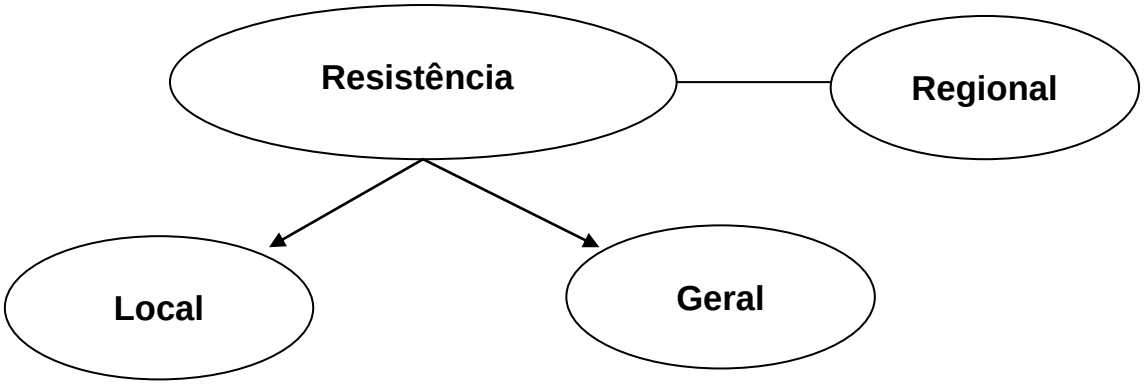

Figura 1: Tipos de resistência em função da quantidade de massa muscular afectada

Contudo, se nos referimos à via energética predominante, podemos falar de resistência aeróbia e resistência anaeróbia (láctica ou aláctica), nas suas manifestações de capacidade e potência.

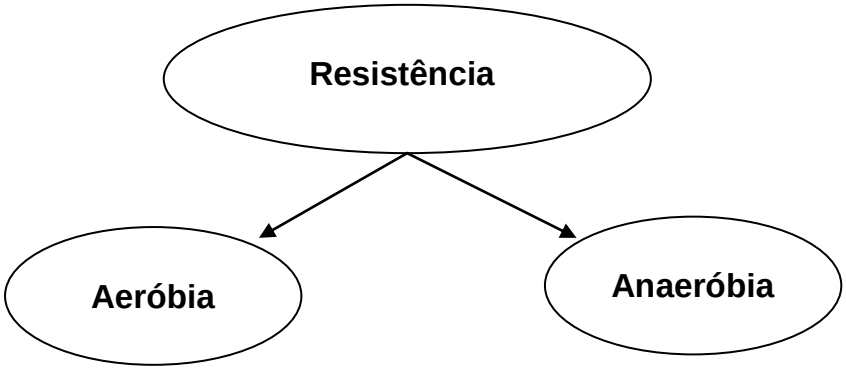

Figura 2: Tipos de resistência em função da via energética predominante

Por outro lado, Navarro (1994) propõe uma participação aproximada dos processos aeróbios e anaeróbios perante diferentes distâncias atléticas.

Tabela 9: Participação aproximada dos processos aeróbios e anaeróbios em diferentes distâncias atléticas.

Distâncias (m)	100	200	400	800	1000	1500	5000	10000
Anaeróbia	95%	90%	75%	55%	50%	35%	10%	5%
Aeróbia	5%	10%	25%	45%	50%	65%	90%	95%

2.1. Treino aeróbio

A elevada duração do jogo de Futebol, que exige ao futebolista que percorra 8 a 14 Km a uma intensidade média de cerca de 75% do $VO_{2máx}$, com o sistema aeróbio a

contribuir com cerca de 90% do total de energia requerida no jogo (Grant e McMillan, 2001), justificam a importância de uma preparação aeróbia adequada e cuidada.

O treino aeróbio permite o desenvolvimento do $VO_{2máx}$, que, por sua vez dá possibilidade ao futebolista de realizar exercício de alta intensidade durante mais tempo, permitindo um elevado consumo de oxigénio (O_2) durante o jogo (Bangsbo, 1996). Este aumento do $VO_{2máx}$ é conseguido através de adaptações fisiológicas centrais, sendo recomendado exercício a 80-100% desse valor, enquanto as adaptações fisiológicas periféricas, relacionadas com as adaptações musculares, necessitam de períodos de treino mais prolongados, devendo por isso a intensidade média do exercício situar-se abaixo dos 80% do VO2máx (Bangsbo, 1996).

No entanto, vários estudos dizem que um elevado $VO_{2máx}$ não é o único factor determinante da performance em provas de resistência. Corredores com valores similares de $VO_{2máx}$ apresentaram *performances* distintas (Larsen, 2003). Como tal, é necessário identificar os factores que determinam a performance de corredores de elite, de forma a proceder à adequação do volume e intensidade do treino.

Bassett Júnior e Howley (2000), propuseram um modelo que descreve os factores que explicam a maior parte da variância da performance em provas de resistência de média e longa duração (Figura 3).

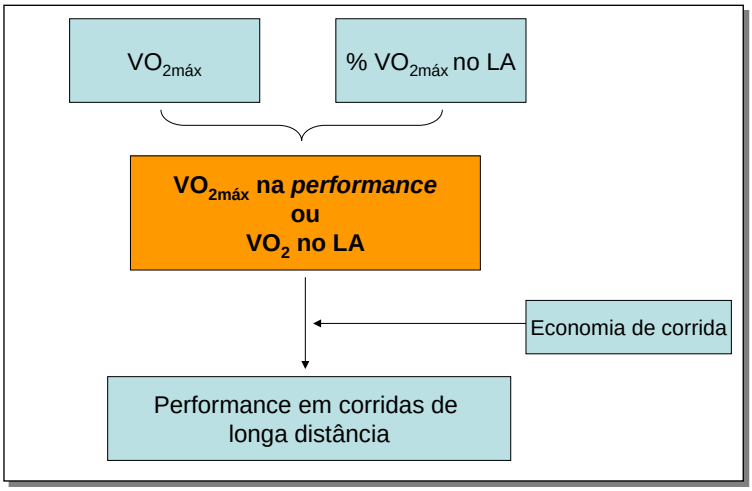

Figura 3: Modelo dos factores determinantes em provas de resistência (adaptado de Bassett Júnior & Howley, 2000).

O treino aeróbio tem como consequência o aumento da utilização de ácidos gordos, poupando as reservas de glicogénio, importantes para os esforços intensos e retardando assim o aparecimento da fadiga (Reilly, 1990; Soares e Rebelo, 1993). Por outro lado, se tomarmos em linha de conta a relação da recuperação do exercício intenso com o potencial oxidativo e com o número de capilares nos músculos, verificamos que o treino aeróbio promove ainda o aumento da capacidade para realizar repetidamente esforços máximos (Bangsbo, 1996).

Helgerud et al. (2001) estudaram os efeitos do treino aeróbio na *performance* no jogo de Futebol e em alguns testes específicos da modalidade. Para isso, utilizaram uma amostra de 19 futebolistas, dos quais 10 formaram o grupo de controlo e 9 foram submetidos a um programa específico de treino aeróbio, que consistia em 4 repetições de 4 minutos de corrida contínua a 90-95% da $FC_{máx}$, com 3 minutos a trote entre as repetições. Este treino foi realizado 2 vezes por semana, durante 8 semanas. Os resultados evidenciaram aumentos significativos no $VO_{2máx}$ ($p<0,01$), no limiar anaeróbio ($p<0,01$), na distância percorrida em jogo (os futebolistas percorreram num jogo após o término do programa de treino mais 20% da distância percorrida numa partida realizada antes da implementação do mesmo) ($p<0,01$), no número de *sprints* em jogo ($p<0,01$), no número de vezes em que contactaram com a bola ($p<0,05$) e na intensidade média do jogo ($p<0,05$).

Bangsbo (1994, 1996, 1999) considera como objectivos gerais do treino aeróbio, o aumento da capacidade do jogador manter um ritmo de trabalho elevado durante o jogo, bem como a minimização do decréscimo no rendimento técnico e das falhas de concentração provocadas pela fadiga no final do jogo. O autor define ainda os seguintes objectivos específicos para o Futebol:

- Uma maior percentagem da energia requerida pelo exercício pode administrar-se aerobicamente, o que significa que o jogador pode trabalhar com uma intensidade de exercício maior durante períodos de tempo prolongados no decorrer de um jogo;
- Uma maior capacidade de resistência que permite ao jogador fazer exercício com uma intensidade mais elevada durante o jogo;
- Menor tempo necessário para a recuperação após um período de exercício de alta intensidade.

Bangsbo (1994, 1996, 1999) considera que o treino aeróbio deverá ser realizado fundamentalmente com bola. O mesmo autor (1994, 1999) refere que se a duração da actividade tiver entre 15 e 90 minutos, podem ocorrer consequências favoráveis sobre a capacidade de trabalho aeróbio.

Bangsbo (1994, 1996, 1999) divide o treino aeróbio em 3 categorias, que se sobrepõem: treino de recuperação, treino de aeróbio de baixa intensidade e treino aeróbio de alta intensidade.

O treino de recuperação envolve a realização de actividades ligeiras, como a corrida lenta ou jogos de baixa intensidade, situações que permitem que o jogador recupere mais rapidamente, sendo por isso adequadas ao dia seguinte ao jogo, após um treino bastante desgastante ou a períodos com sessões de treino e jogos frequentes, de modo a evitar situações de sobretreino (Bangsbo, 1994, 1996, 1999). Segundo Bangsbo (1994), este tipo de treino possui ainda benefícios psicológicos, permitindo ao atleta relaxar também mentalmente, o que poderá ser conseguido através da realização de exercício a baixa intensidade e de actividades diversificadas. Segundo o autor, o grande objectivo deste tipo de treino é conseguir uma recuperação mais rápida após um jogo ou uma sessão de treino intensa.

O treino aeróbio de baixa intensidade tem como objectivos incrementar a capacidade para fazer exercício durante períodos de tempo prolongados e desenvolver a capacidade de recuperação com maior rapidez após exercício de alta intensidade (Bangsbo, 1996).

Este tipo de treino é realizado com frequência através de corrida lenta prolongada ou através de períodos longos de exercício com alterações da intensidade, o que pode ser conseguido através de jogos específicos (Gregson e Drust, 2000). Bangsbo (1994, 1999) refere que em esforço intermitente os períodos de trabalho devem superar os 5 minutos. Contudo, Faina et al. (1988), sugerem que a duração dos exercícios de média/baixa intensidade não deve ser muito prolongada, porque desse modo não se estimulariam as qualidades fundamentais requeridas no jogo.

Segundo Bangsbo (1994), a melhoria da resistência aeróbia é conseguida com o treino aeróbio de baixa intensidade, complementado pelo treino aeróbio de alta intensidade,

permitindo assim ao jogador aumentar a capacidade de realizar exercício de alta intensidade e manter bom rendimento técnico ao longo do jogo.

O treino aeróbio de alta intensidade, também designado por treino da potência aeróbia, visa a melhoria dos factores centrais, como a capacidade de bombeamento do coração, estando assim estreitamente relacionado com o $VO_{2máx,}$ desenvolvendo a capacidade para fazer exercício com uma intensidade elevada durante períodos mais prolongados (Bangsbo, 1994, 1996) e de recuperar mais rapidamente após o exercício intenso (Bangsbo, 1994), sendo por isso o seu desenvolvimento considerado fundamental (Faina et al., 1988).

Gregson e Drust (2000) sugerem que na realização de exercício de alta intensidade se deverá incluir períodos de repouso, de modo a evitar que essa mesma intensidade diminua devido à fadiga.

Bangsbo (1996) fala em intervalos fixos de tempo, de forma que estes períodos de repouso já estejam definidos e assegurem períodos de alta intensidade de treino. O treinador deve assegurar-se que a intensidade do exercício neste tipo de treino não atinja valores de intensidade tão elevados, de forma que o treino não se converta exclusivamente num treino da capacidade de resistência de velocidade.

2.2. Monitorização e controlo do treino em Futebol

2.2.1. Métodos de controlo da intensidade do exercício

Os processos de avaliação e controlo do treino têm assumido, ao longo dos anos, uma importância crescente no processo de treino em diversas modalidades desportivas, sendo reformulados e aperfeiçoados sucessivamente, tendo como objectivo a obtenção do máximo rendimento desportivo. Testar atletas tem sido uma preocupação constante da comunidade desportiva, sendo utilizados, cada vez com mais frequência, testes e medições específicas (MacDougall et al., 1991).

Os estudos levados a cabo pelos cientistas que visam a caracterização do esforço no Futebol têm como base a análise de determinados parâmetros fisiológicos (varáveis internas) e acções motoras específicas observadas durante o jogo (variáveis externas).

2.2.1.1. Frequência cardíaca

Um dos métodos de avaliação da intensidade do exercício mais utilizados consiste na medição da FC. Este método permite quantificar o valor da carga interna do jogador, possibilitando definir com mais rigor a intensidade do treino e verificar se os objectivos do mesmo estão a ser cumpridos, possibilitando, quando tal não sucede, a alteração da carga de trabalho. A monitorização regular da FC durante o treino também pode constituir um estímulo para os futebolistas em termos de empenhamento (Bangsbo, 1994).

Até à década de 80, aproximadamente, a técnica de monitorização da FC mais utilizada em situação de treino foi a palpação do pulso. Contudo, a utilização deste método na prescrição e controlo do treino tem-se generalizado nos últimos anos graças ao aparecimento e divulgação de monitores de FC. Estes monitores (cardiofrequencímetros portáteis), possibilitam obter informação acerca da FC e do impacto fisiológico colocado aos jogadores em situações de jogo (Ali e Farraly, 1991).

Deste modo, é possível analisar a intensidade de exercícios sob forma jogada e a sua adequação à que é imposta pelo jogo formal, facto importante se tomarmos em consideração a dificuldade do treinador na avaliação da intensidade dos exercícios que englobam as componentes física e técnico-táctica, em relação aos exercícios mais analíticos e que apresentam um melhor grau de avaliação de solicitação energética.

Segundo Rasoilo (1998), a FC é uma medida objectiva, interna e individualizada da intensidade do esforço, uma vez que, independentemente do gesto realizado, aumenta paralelamente ao aumento da intensidade de trabalho do organismo.

A explicação para este fenómeno encontra-se na relação estreita entre o VO_2 e a FC. O VO_2 depende do débito cardíaco e da diferença artério-venosa de O_2. Por sua vez, o débito cardíaco depende da FC e do volume sistólico. Quando a predominância é

aeróbia, o débito cardíaco aumenta linearmente com a intensidade do exercício e, se esta for elevada, as exigências superiores de O_2 são satisfeitas quase exclusivamente pelo aumento da FC (Reilly, 2001). Desta forma, a FC aumenta com o aumento da intensidade do exercício, provocando consequentemente, o aumento do débito cardíaco, de modo a satisfazer as necessidades musculares de O_2 (Reilly, 1990).

A utilização da FC como indicador da intensidade do exercício apresenta, no entanto algumas limitações, que passamos a referir:

- A relação com a intensidade do esforço só é válida e de fácil interpretação em esforços predominantemente aeróbios e homogéneos, embora mesmo nestes casos não seja o melhor indicador, mas sim o VO_2 (Rasoilo, 1998). Assim, quando a FC é utilizada na avaliação da carga de trabalho, a informação é insuficiente se não possuir indicadores da lactatemia (Jousselin et al., 1986).
- Se os esforços forem de curta duração, não existe tempo suficiente para que se possa aferir a intensidade do esforço (Rasoilo, 1998; Reilly, 2001). É o caso, por exemplo, do treino de *sprints*, em que a duração dos períodos de exercício é relativamente curta comparativamente à da recuperação.
- Em esforços de longa duração dá-se um fenómeno que consiste num aumento progressivo da FC (cerca de 20 bpm ou mais) por adaptação cronotrópica quando o exercício dura mais de 20 minutos, pelo que a sua interpretação em sessões de treino longas tem de ser efectuada com cuidado (Gilman, 1996).
- Dificuldade na interpretação em esforços intermitentes, atendendo à diferença temporal entre a variação da intensidade do exercício e o seu efeito sobre a FC (Rasoilo, 1998).
- Variabilidade inter-individual existente, motivada pelas diferenças de idade, sexo, composição corporal e nível de treino (Gilman, 1996; Ekelund et al., 2001).
- É influenciada pelo estado emocional do indivíduo, sendo mais evidente em repouso ou quando a intensidade de esforço é baixa, casos em que essa interferência se pode sobrepor à da intensidade do exercício (Rasoilo, 1998; Reilly, 2001). Assim, a indispensável concentração mental durante a realização de alguns exercícios técnico-tácticos com baixas exigências energéticas, poderá sobrestimar as exigências fisiológicas. Admite-se também que o estado emocional que acompanha a realização de situações de jogo, talvez devido à sua maior complexidade, induza um aumento mais expressivo da FC do que outros

exercícios com exigências físicas idênticas (Korcek, 1981; Reilly, 1990). Por outro lado, um exercício realizado em condições diferentes (em treino, jogo particular e oficial) parece originar valores da FC diferentes (Korcek, 1981).

- É influenciada pela temperatura ambiente, aumentando consideravelmente se aquela for muito elevada, pelo acréscimo de sangue chamado até à pele necessário para produzir arrefecimento (Claremont, et al., 1975, cit. Por Gilman, 1996; Reilly, 1990; Rasoilo, 1998; Reilly, 2001). O treino em ambientes quentes pode ainda provocar desidratação pela consequente redução do plasma sanguíneo, levando também ao aumento da FC (Rasoilo, 1998; Reilly, 2001).

Como tal, é possível deduzir que a FC nem sempre reflecte a produção energética, na medida em que quando está sujeita à influência de determinadas condições não clarifica com rigor a incidência metabólica que o atleta está a experimentar. No entanto, apesar das referidas limitações, a avaliação da FC tem as vantagens de não ser um meio invasivo, ser tecnicamente fácil de executar e permitir uma avaliação contínua ao longo de toda a actividade física, sendo considerada um bom indicador da carga fisiológica no treino, podendo utilizar-se para avaliar exercícios realizados em contexto de jogo (Reilly, 2001). Assim, a monitorização de um número alargado de jogadores permitirá, mais do que conhecer a resposta individual dos mesmos, avaliar e controlar a sobrecarga da sessão de treino.

Quando a FC é utilizada na avaliação da intensidade de exercícios sob forma jogada, deve ter-se ainda em conta alguns factores (Bangsbo, 1994): a motivação dos jogadores, que pode influenciar o seu empenhamento; o facto dos mesmos poderem empenhar-se mais quando sabem que o seu esforço está a ser controlado; o nível técnico dos jogadores; e as condições do terreno.

Com base nos valores da FC, diversos autores têm sugerido a utilização de zonas-alvo de treino, método que tem a vantagem de simplificar o processo de avaliação e controlo do treino. Na Tabela 10, Gomes (2002), classifica as cargas pelas zonas de treino, tendo como base os critérios fisiológicos.

Tabela 10: Classificação de cargas pelas zonas de intensidade

Zonas	**Critérios fisiológicos**			**Duração máxima de trabalho**
	FC (bpm)	**% VO2 máx**	**Lactato (mmol/l)**	
Aeróbia	até 140	40-60	Até 2	Algumas horas
Aeróbia (de limiar)	140-160	60-85	Até 4	Mais de 2 horas
Mista (aeróbia-anaeróbia)	160-180	70-95	4-6 6-8	30min – 2h 10-30min
Anaeróbia (glicolítica)	Mais de 180	95-100-95	8-15 10-18 14-20 +	Até 10min 2-5 min Até 2 min
Anaeróbia (aláctica)		95-90		10-15seg

Flanagan e Merrick (2002), num estudo aplicado ao Futebol, propõem 6 categorias de treino (Tabela 11), com base na observação em laboratório dos valores da FC e do VO_2 correspondentes a velocidades de corrida de 4, 8, 12, 16 e 21 Km/h.

Tabela 11: Categorias de treino com base na FC (adaptado de Flanagan e Merrick, 2002).

Categoria	**Amplitude da FC (bpm)**
Intensidade muito elevada	> 178
Intensidade elevada	155 – 178
Intensidade moderada	135 – 155
Intensidade baixa	114 – 135
Recuperação activa	93 – 114
Recuperação parado	< 93

Porém, atendendo às variações intra-individuais da FC atrás referidas, a utilização dos seus valores absolutos na avaliação da intensidade do exercício carece de rigor (Ekelund et al., 2001). Com efeito, um valor elevado da FC não significa necessariamente que o jogador esteja a treinar a elevada intensidade, pois a sua $FC_{máx}$, ou seja, o número máximo de batimentos do coração por minuto, pode ser bastante elevada. Assim, na impossibilidade de estabelecer a relação individual entre a FC e o VO_2, é importante relacionar a FC no exercício com a $FC_{máx}$ de cada jogador (em percentagem), pois só assim é possível estabelecer qual a proporção do máximo em que o mesmo está a trabalhar em determinado momento (Ekelund et al., 2001; Nunes e Gomes-Pereira, 2001; Reilly, 2001).

A $FC_{máx}$ pode ser estimada a partir da fórmula $FC_{máx}$ = 220 – idade, existindo ainda algumas alternativas, decorrentes de tentativas de minimização dos erros provocados pelas diferenças de sexo e de idade (Rasoilo, 1998; Bragada, 2001). No entanto, atendendo à elevada variação inter-individual, é sugerido que a $FC_{máx}$ seja determinada através de um teste submáximo, que permita uma estimativa mais exacta (Chanon, 1994; Chatard, 1998; Balsom, 2000; Bragada, 2001; Reilly, 2001).

Chatard (1998) refere que a linearidade da relação entre a $FC_{máx}$ e o $VO_{2máx}$ se verifica particularmente entre os 50 e os 90% da $FC_{máx}$. Por sua vez, Gilman (1996) considera que essa relação directa e linear se situa apenas entre os 60 e os 90% do $VO_{2máx}$, recomendando a utilização dos valores da FC como indicadores da intensidade do treino neste intervalo.

McArdle et al. (1994) apresentaram a relação entre a FC e o VO_2 em percentagem dos valores máximos (Tabela 12).

Tabela 12: Relação entre valores percentuais da FCmáx e do $VO_{2máx}$ (McArdle et al., 1994).

%FCmáx	%VO2máx
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Como se pode verificar pela análise da Tabela 12, apesar da estreita relação entre a FC e a intensidade do exercício, uma dada percentagem da $FC_{máx}$ não reflecte uma percentagem similar do $VO_{2máx}$. Este facto foi também demonstrado por Swain et al. (1994), que verificaram que a 60 e 80% do $VO_{2máx}$ correspondiam percentagens da $FC_{máx}$ de 76 e 89%, respectivamente.

Deste modo, se fizermos corresponder a uma dada percentagem da $FC_{máx}$ a mesma percentagem do $VO_{2máx}$, esta sairá sobrestimada. Esta discrepância de valores pode ser diminuída com a utilização do conceito de FC de reserva (FC_{res}), que resulta da diferença entre a $FC_{máx}$ e a FC de repouso (FC_{rep}). A FC_{res} é definida como o número de

batimentos disponíveis para efectuar um exercício aeróbio (Chatard, 1998), ou como os níveis sucessivos de intensidade que é possível realizar desde o repouso ao esforço máximo (Rasoilo, 1998).

A partir do conceito da FC_{res}, calcula-se então a percentagem do máximo, que costuma designar-se por percentagem da FC_{res} (Chamoux et al., 1988). Para o efeito, é utilizado o método de Karvonen (ou método da FC_{res}), que usa a diferença entre a $FC_{máx}$ obtida em laboratório ou em teste terreno e a FC_{rep}, para obter a zona de alvo de treino: FC do exercício (FC_{ex}) = FC_{rep} + ($FC_{máx}$ – FC_{rep}) x % intensidade do exercício. A partir desta fórmula, a percentagem da FC_{res} ($\%FC_{res}$) pode ser obtida directamente do seguinte modo:

$$\%FC_{res} = \frac{FC_{ex} - Fc_{rep}}{FC_{máx} - FC_{rep}}$$

Neste método é considerada apenas a zona da FC útil, permitindo estimar com mais exactidão a percentagem do $VO_{2máx}$ (Chatard, 1998; Rasoilo, 1998). Com efeito, Weltman et al. (1989) constataram que a 55, 75, 80 e 95% do $VO_{2máx}$, as percentagens da FC_{res} foram de 55, 75, 85 e 95%, respectivamente.

Rasoilo (1998) considera que apesar desta fórmula permitir uma estimativa com maior grau de fiabilidade das zonas alvo, é ainda insuficiente. Contudo, as alternativas implicam a realização de provas de esforço, de modo a relacionar a FC com o $VO_{2máx}$ e a determinação da concentração de lactato no sangue, procedimentos que têm a desvantagem de ser dispendiosos.

A Tabela 13 representa os princípios das 3 categorias do treino aeróbio, definidos por Bangsbo (1996). Atendendo ao pressuposto do treino ser realizado através de formas jogadas, a FC do jogador alternará frequentemente durante as mesmas, pelo que o autor apresenta intervalos de variação.

Tabela 13: Princípios do treino aeróbio (adaptado de Bangsbo, 1996).

	%FCmáx		**Bpm**		**%VO2máx**	
	Média	Intervalo	Média*	Intervalo*	Média	Intervalo
Recuperação	65	40–80	130	80–160	55	20-70
Baixa intensidade	80	65–90	160	130–180	70	55-85
Alta intensidade	90	80-100	180	160-200	85	70-100

* Para uma FCmáx de 200 bpm.

McArdle et al. (1994) sugerem que o treino da capacidade aeróbia se deverá situar entre os 70 e 90% da $FC_{máx}$, percentagens que correspondem às definidas por Bangsbo (1994, 1996, 1999) para o treino aeróbio de baixa intensidade. Chamoux et al. (1988), num trabalho aplicado ao Futebol, referem que, para o treino da capacidade aeróbia, a intensidade do exercício deverá situar-se entre os 65% e os 75% do $VO_{2máx}$ e, para treinar a potência aeróbia entre os 80 e os 90% do $VO_{2máx}$, valores que se enquadram nos apontados por Bangsbo (1994, 1996, 1999) para o treino aeróbio de baixa intensidade e para o treino aeróbio de alta intensidade.

Relativamente ao treino de recuperação, Bangsbo (1994) refere que o valor da FC não deverá exceder o limite superior recomendado durante mais que um curto período de tempo. Por outro lado, relativamente ao treino aeróbio de alta intensidade, o autor considera que a FC não deverá baixar do limite mínimo recomendado também por mais que um período de tempo reduzido.

Segundo Bangsbo (1994), apesar da realização do treino aeróbio de alta intensidade através de situações de jogo implicar variações constantes na intensidade do exercício, os decréscimos na FC associados à diminuição da intensidade durante períodos curtos de tempo são bastante reduzidos. Assim, de acordo com o autor, é possível ao futebolista manter a FC acima dos 80% da $FC_{máx}$ durante a maior parte do treino.

O treino aeróbio de alta intensidade pode ser realizado de forma intervalada, através de intervalos fixos de tempo de exercício e de recuperação (Bangsbo, 1994, 1999), como mostram os exemplos propostos na Tabela 14.

Tabela 14: Exemplos de relações tempo de exercício/repouso e respectiva intensidade para o treino aeróbio de alta intensidade (adaptado de Bangsbo, 1994).

	Exercício	**Repouso**	**%FCmáx**
a.	30 segundos	30 segundos	90-100
b.	2 minutos	1 minuto	85-95
c.	4 minutos	1 minuto	80-90

Como se pode verificar através da Tabela 14, esta relação apresenta uma proporcionalidade inversa, ou seja, à medida que aumenta a duração do exercício, a intensidade do mesmo deverá diminuir. Bangsbo (1994) chama a atenção para que os períodos de exercício não sejam inferiores a 30 segundos quando se utilizam formas jogadas em situação de treino aeróbio de alta intensidade, na medida em que as frequentes diminuições de intensidade ocorridas pelos condicionalismos do próprio jogo associadas à curta duração dos períodos de exercício, não permitiriam obter o estímulo desejado.

Bangsbo (1994) refere que no treino de resistência de velocidade, se a duração dos períodos de exercício for igual ou superior a 1 minuto, a monitorização da FC poderá ser utilizada para avaliar a intensidade do exercício. Segundo o autor, no final dos períodos de exercício, a FC deverá atingir níveis próximos ao máximo.

Alguns estudos no âmbito do controlo do treino têm procurado estabelecer uma analogia entre a intensidade da sessão de treino ou de apenas alguns exercícios, com a verificada em competição.

Um desses exemplos é o estudo de Rohde e Espersen (1988), em que se comparou a intensidade do treino (constituído maioritariamente por jogos reduzidos) com a do jogo formal. Constatou-se que a FC dos jogadores no jogo formal se encontrava numa zona considerada de alta intensidade (últimos 15 batimentos antes da $FC_{máx}$) durante 26% do tempo total, valor significativamente superior ao do treino (4%). Os autores concluíram que os futebolistas não teriam sido bem preparados nos treinos para as exigências físicas do jogo.

Apesar da utilidade dos registos da FC e da sua relativização à $FC_{máx}$, a informação obtida não é suficiente para especificar o esforço total de uma sessão de treino ou de um

determinado exercício (Banister, 1991). De facto, para além da intensidade (dada pelos valores da FC), é necessário considerar também a duração do esforço, resultando do produto dessas componentes o esforço total.

Flanagan e Merrick (2002) desenvolveram um método de avaliação da carga de treino com base no registo da FC que pondera a duração do esforço. A intensidade é representada por um coeficiente, que é calculado com base na relação entre a FC e a intensidade do exercício, determinada em condições laboratoriais. Através de regressão linear, foi atribuído um valor de intensidade (com um espectro de variação entre 0,0 e 1,0, sensivelmente) para cada valor da FC, desde o repouso até aos níveis máximos de esforço (Tabela 15).

Tabela 15: Valores de intensidade correspondentes à FC (adaptado de Flanagan e Merrick, 2002).

Valor da FC (bpm)	Intensidade	Valor da FC (bpm)	Intensidade
80	0,01	155	0,68
85	0,06	160	0,73
90	0,10	165	0,77
95	0,15	170	0,82
100	0,19	175	0,86
105	0,24	180	0,91
110	0,28	185	0,95
115	0,32	190	1,00
120	0,37	195	1,04
125	0,41	200	1,09
130	0,46	205	1,13
135	0,50	210	1,17
140	0,55	215	1,22
145	0,59	220	1,26
150	0,64		

A carga de trabalho é posteriormente calculada pela multiplicação do valor da intensidade pelo tempo total da actividade em minutos. São ainda consideradas 6 zonas de treino, categorizadas de acordo com os valores médios da FC obtidos em prova de esforço, correspondentes às velocidades de 4, 8, 12, 16 e 21 Km/h (Tabela 16).

Tabela 16: Zonas de treino com base nos valores da FC, do $VO_{2máx}$ e da intensidade (adaptado de Flanagan e Merrick, 2002).

Zonas de treino	**Intervalo da FC (bpm)**	**Intervalo do VO2máx (ml/Kg/min)**	**Valores de intensidade**
Intensidade muito elevada	> 178	> 54	1,0
Intensidade elevada	155 – 178	42 – 54	0,78
Intensidade moderada	135 – 155	32 – 42	0,59
Intensidade baixa	114 – 135	22 – 32	0,41
Recuperação activa	93 – 114	11 – 22	0,32
Recuperação passiva	< 93	< 11	0,13