

**Efeito de bebidas com pH ácido
na superfície de cerâmica
feldspática**

Aluno: Mariline Braga Gomes

Co-orientador: Dr. Salomão Rocha

Orientador: Prof. Doutor Fernando Guerra

2010

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Trabalho final do 5º ano, com vista à atribuição do grau de Mestre no âmbito do ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Medicina Dentária

*Sentes que um tempo acabou
Primavera de flor adormecida,
Qualquer coisa que não volta que voou,
Que foi um rio, um ar, na tua vida.*

*E levar em ti guardado
O choro de uma balada
Recordações do passado
O bater da velha cabra.*

*Sabes que o desenho do adeus
É fogo que nos queima devagar,
E no lento cerrar dos olhos teus
Fica a esperança de um dia aqui voltar.*

*Capa negra de saudade
No momento da partida
Segredos desta cidade
Levo comigo p'rá vida.*

Agradecimentos

Queremos neste momento agradecer a todos os que nos apoiaram e tornaram o difícil em mais fácil.

Aos meus pais por toda a dedicação e força nos momentos bons e menos bons. Devo-lhes o que sou.

Aos meus avós que a cada mimo me fizeram mais feliz.

Ao Nuno pela preciosa ajuda neste trabalho e paciência nos momentos de ausência.

Ao Dr. Salomão, o co-orientador mais capaz de me orientar, nunca stressado mas sempre sob stress, sem tempo, mas com muita paciência e bom humor!

Ao Professor Doutor Fernando Guerra pela atenção e indicações teóricas e clínicas que me guiarão para a vida.

Ao Professor Doutor João Carlos Ramos que me ensinou a fazer investigação, e tornou este projecto possível.

À Cláudia pela disponibilidade durante o dia, durante a noite, durante o fim de semana, de SEMPRE!!!

Ao Eng. António Fonseca, Tó!, pelas as horas mais do que extraordinárias de trabalho e paciência.

A todos os Docentes que me ensinaram o que é a Medicina Dentária.

A todos os meus amigos que também deram o seu máximo para que o meu projecto vingasse.

De um modo geral, a todos os que contribuíram para que o curso, ano após ano ganhasse um encanto especial. Todos eles deram um bocadinho deles próprios e assim tudo foi possível *com Plano A ou Plano B!!!*

Muito Obrigado

Índice

1 - Identificação do trabalho experimental.....	8
1.1 Áreas científicas do trabalho experimental.....	8
1.2 Financiamento.....	8
1.3 Palavras-chave.....	8
1.4 Data de início do projecto e duração.....	8
2 - Instituições envolvidas.....	8
2.1 Instituição proponente.....	8
2.2 Instituição participante.....	8
2.3 Instituição acolhimento.....	8
3 - Componente científica	9
3.1 Sumário.....	9
3.2 Revisão da literatura.....	10
3.2.1 Erosão dentária.....	10
3.2.2 Bebidas com pH ácido.....	12
3.2.3 Importância da saliva.....	13
3.2.4 Sistemas cerâmicos.....	14
3.2.5 Durabilidade química das cerâmicas.....	15
3.2.6 Toxicidade dos elementos resultantes da degradação.....	16
3.3 Objectivos.....	17
3.4 Material e métodos.....	18
3.4.1 Preparação dos discos de cerâmica feldspática.....	18
3.4.2 Selecção das bebidas a testar.....	18
3.4.3 Análise da superfície das amostras anteriormente à imersão.....	19
3.4.4 Execução do trabalho experimental.....	20
3.4.5 Análise por rugosímetro a laser	21
3.4.6 Análise por microscopia electrónica de varrimento (M.E.V.).....	21
3.4.7 Estatística.....	22
3.5 Resultados.....	22
3.5.1 Análise quantitativa.....	22
3.5.2 Análise qualitativa.....	25
3.6 Discussão.....	29
3.6.1 Contribuição pessoal	33
3.7 Conclusão.....	36
4 - Bibliografia.....	37

Abreviaturas

FC: Grupo de amostras correspondente ao efeito da Coca-Cola® em cerâmica feldspática

FC I: Amostras de cerâmica feldspática pré imersão com Coca-Cola®

FC II: Amostras de cerâmica feldspática pós imersão em Coca-Cola®

FI: Grupo de amostras correspondente ao efeito do Red Bull® em cerâmica feldspática

FI I: Amostras de cerâmica feldspática pré imersão em Red Bull®

FI II: Amostras de cerâmica feldspática pós imersão em Red Bull®

M.E.V: Microscópio electrónico de varrimento

R.L.: Rugosímetro a Laser

R_a: Rugosidade Média

R_p: Altura do Pico

R_v: Profundidade do Vale

R_z: Valor da Rugosidade Média

K-S: Teste estatístico Kolmogorov – Smirnov

S-W: Teste estatístico Shapiro – Wilk

1 - Identificação do trabalho experimental

1.1. Áreas científicas do projecto

Área científica principal: Ciências da Saúde – biomateriais e engenharia biomédica

Área científica secundária: Medicina Dentária/Prótese Dentária

1.2. Financiamento

GAPI: Gabinete de Apoio à Investigação

1.3. Palavras-chave

Palavras-chave	Keywords
Bebidas carbonatadas	Beverage drinks, Soft drinks
Erosão ácida	Acid erosion
Cerâmicas dentárias	Dental ceramics
Rugosidade de superfície	Surface roughness
Saliva	Saliva

1.4. Data de início do projecto e duração

Projecto iniciado em Outubro de 2009, duração de 8 meses

2 - Instituições envolvidas

2.1 Instituição proponente

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Área de Medicina Dentária

2.2 Instituição participante

Instituto Pedro Nunes

Laboratório dentário Foz Prótese

2.3 Instituição de acolhimento

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Área de Medicina Dentária

3 - Componente científica

3.1 Sumário

No presente trabalho pretende-se investigar o efeito das bebidas ácidas, nomeadamente, a Coca-Cola® e o Red Bull®, na superfície de cerâmica feldspática.

Assim, através de uma contextualização teórica, são examinados cuidadosamente vários pontos, tais como: as consequências da erosão de esmalte provocada por soluções ácidas, nomeadamente refrigerantes e bebidas isotónicas; em que medida o processo de erosão é justificado com o pH destas bebidas e composição química; o papel importante desempenhado pela saliva na diluição e tamponamento destas soluções; a crescente utilização dos sistemas cerâmicos e a falta de evidência científica que acompanhe os novos materiais; o processo de degradação química das cerâmicas, e por fim a toxicidade dos elementos degradados nos processos de erosão.

Efectuou-se um trabalho experimental de modo a percebermos a actuação destas bebidas nas restaurações fixas cerâmicas. Foram utilizados discos de cerâmica feldspática Vita VM13® polida, imersos durante 168 horas, a 37°, em Coca-Cola® e Red Bull®.

As amostras foram analisadas em rugosímetro a laser e fotografadas em microscópio electrónico de varrimento antes e após a imersão.

Os resultados obtidos, neste estudo, não são estatisticamente significativos considerando-se que esta cerâmica polida não é afectada por processos de ataque químico pelas soluções estudadas.

Noutros estudos efectuados, principalmente onde se usam amostras com "glaze", detectou-se um aumento significativo da rugosidade, que tem por consequências uma maior adesão de placa, aumento do desgaste dos antagonistas, diminuição da força e alteração de cor.

Através das dificuldades obtidas na execução do presente trabalho e pela notória ausência de evidência científica sobre a acção de ácidos na superfície dos sistemas cerâmicos, é proposto um novo protocolo de modo a conduzir o Médico Dentista a uma prática clínica de excelência.

Summary

The present study intends to investigate the effect of acidic drinks, such as Coca Cola® and Red Bull®, in the feldspathic ceramic surface.

So, through a theoretical context several points were carefully examined: the implications of the enamel erosion caused by acid solutions, particularly soft and isotonic drinks; to what extent the erosion process is justified with the pH of these drinks and chemical composition; the important part played by saliva in buffering and dilution of these

solutions; the increasing use of ceramic systems and lack of scientific evidence to accompany the new materials; the chemical degradation process of ceramics, and ultimately the toxicity of the degraded elements in the processes of erosion.

An experimental work was carried out in order to realize the action of these beverages in fixed restorations. Feldspathic ceramic discs Vita VM13 were polished and immersed for 168 hours at 37 degrees in Coca Cola® and Red Bull®.

The samples were analyzed by laser profilometer and photographed in a scanning electron microscope before and after immersion.

The results are not statistically significant considering that this polished ceramic is not affected by chemical attack processes by the solutions studied. In other studies, mainly with glaze samples, was detected a significant increase in roughness, which has as consequences a wider plaque adherence, an increased wear of the antagonist, a decreased strength and color alteration.

Through the difficulties obtained in implementing this work and the notorious lack of scientific evidence about the action of acids on the ceramic systems surface, it is propose a new protocol in order to conduct the clinic to a practice of clinical excellence.

3.2 Revisão da literatura

3.2.1 Erosão dentária

A palavra erosão deriva do latim *erodere* (corroer, roer); entende-se por erosão dentária a perda de tecido dentário duro induzida por ácidos, sem envolver factores microbiológicos e naturalmente não está associada à presença de placa bacteriana. [1-5]

Os factores etiológicos responsáveis por este processo são frequentemente divididos em intrínsecos, extrínsecos e idiopáticos. O refluxo gastroesofágico (25% dos casos de erosão dentária (Jarvinen, V. et al in [2]) e a diminuição do fluxo salivar são exemplos de factores intrínsecos, por outro lado, a dieta (frutos e bebidas), o ambiente (indústrias químicas, piscinas com cloro) e os medicamentos (vitamina C, aspirina, ácido clorídrico) constam da etiologia extrínseca. Quando os factores etiológicos da erosão não são identificados, ou não se consegue estabelecer com precisão se são intrínsecos ou extrínsecos, consideram-se idiopáticos. (Baratieri 2001 in [6])[7]

As consequências deste fenómeno são o aumento da sensibilidade, dor e alteração da estética dentária. [3-4, 8] Estes sinais e sintomas são, normalmente, motivo recorrente da consulta dentária. A lesão provocada pela erosão ácida localiza-se, com maior frequência, por vestibular e no terço cervical dos dentes anteriores, onde a autolimpeza é

menor, o ácido permanece mais tempo e a saliva não actua tão rapidamente, sendo o efeito tampão mais demorado. A lesão tem forma de "U" invertido sem ângulos definidos. [6]

Quanto ao tipo de lesões dentárias que a erosão causa, podem ser classificadas segundo Eccles da seguinte forma:

- Classe I: Lesão superficial que envolve apenas esmalte;
- Classe II: Lesão localizada, quando até 1/3 da área lesada tem envolvimento dentinário;
- Classe III: Lesão generalizada, quando mais de 1/3 da área lesada tem envolvimento dentinário.

Em relação à patogenia, as lesões podem ser classificadas em:

- Manifestas: a lesão encontra-se em actividade progressiva; zonas de esmalte muito fino e perda de brilho;
- Latentes: a lesão está inactiva; o esmalte é espesso e portanto existe brilho. [4]

Clinicamente, esta patologia surge quando os níveis de pH na cavidade oral são inferiores a 5.5, o denominado pH crítico. (Zero, D.T. in J.F.[8]) No entanto, a aparência macroscópica é mais notória quando o pH está situado a baixo de 4.2. A aparência macroscópica da área da superfície atingida por exposição aos produtos acídicos torna-se esbranquiçada e opaca. (Smith & Shaw[6])

A relação entre temperatura, pH ácido e erosão foi já estabelecida; um aumento de 25º resulta numa redução da dureza de 0,9 GPa e numa perda de 5 µm de cerâmica. [9]

Um estudo na Grã Bretanha concluiu que cerca de metade das crianças entre os 5 e 6 anos já apresentam erosão dentária, 25% com envolvimento dentinário da primeira dentição. Com 11-14 anos 25% apresentam erosão e 2% com envolvimento dentinário na dentição permanente. Assim, este estudo concluiu que o processo de erosão dentária desenvolve-se de modo galopante em qualquer dentição. (O'Brien M in [8])

Johansson A.K. concluiu que os processos de erosão associados a bebidas ácidas estão relacionados com um aumento do consumo destas bebidas e com um aumento de 70% do tempo de manutenção das mesmas na cavidade oral [7] e ocorre principalmente pela dissolução dos cristais de hidroxiapatite. [10-11]

Os ácidos da dieta, nomeadamente o ácido fosfórico (presente nos frutos, sumos de fruta e bebidas energéticas) e o ácido ascórbico (presente nas bebidas carbonatadas e energéticas e os doces) são a principal causa das lesões de erosão identificadas na prática clínica. [4]

Como tratamento destas lesões propõe-se: a diminuição de consumo de comidas e bebidas ácidas; proporcionar um aumento do fluido salivar que leva a uma maior capacidade tampão, aumento quantidade de bicarbonato e de mucinas salivares; aplicação

tópica de fluretos para proporcionar a remineralização; incorporação na dieta de alimentos neutralizadores do ácido (leite, queijo...); e utilização de dentífricos alcalinos. [6]

3.2.2 Bebidas com pH ácido

De uma análise aos constituintes das bebidas ingeridas no dia-a-dia conclui-se que muitas possuem pH ácido. Este parâmetro calcula o potencial hidrogénico e é definido pela fórmula química $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$, indicando assim se uma solução é ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) ou básica ($\text{pH} > 7$). Bebidas como água mineral, sumos de fruta, vinhos, refrigerantes ou bebidas isotónicas apresentam pH inferior a 7, portanto consideram-se soluções ácidas.

Os refrigerantes surgiram por volta de 1890, desenvolvidos por uma farmácia em Lisboa Falls (Maine, E.U.A), julgando-se ter propriedades medicinais. Estas primeiras bebidas energéticas continham extractos de cola, salsaparrilha e gaseificantes. Num período curto de tempo surgiram a Coca-Cola®, Pepsi-Cola®, e outras bebidas com sabores tão diversos como lima, limão e laranja, entre outros. [8]

Muitas das bebidas existentes no mercado têm um pH bastante baixo que, no entanto, pode ser elevado por diversos mecanismos, tais como a diluição na saliva e, nas bebidas gaseificadas, a perda de CO_2 . Não obstante, determinadas bebidas energéticas contêm estabilizadores de acidez e disponibilizam também iões cálcio e fosfato, assim como soluções tampão, que vão impedir a subida do pH. Estas soluções vão permitir manter as propriedades da bebida, mas vão também manter a acidez e a agressividade química do meio.

O potencial erosivo das bebidas carbonatadas e energéticas está relacionado com o seu pH, com a composição química, nomeadamente a quantidade de cálcio, fosfato, [3], com o ácido titulável (número total de moléculas ácidas, fornecido pelo número de iões H^+ livres), [12] e com o tipo e concentração do ácido presente nas bebidas. [13]

Ultimamente têm vindo a desenvolver-se técnicas que permitem às bebidas carbonatadas não terem um potencial erosivo tão marcado. No entanto, ainda não existe na literatura uma quantificação e qualificação de compostos que, uma vez adicionados, inibam totalmente a erosão ácida. Para as empresas detentoras das marcas patenteadas de bebidas ácidas é igualmente importante que o sabor permaneça inalterado e que as

Produto	pH
Coca Cola	2,5
Sprite	2,5
Fanta Laranja	3
Pepsi Cola	2,5
7 Up	3,5
Isostar	3
Gatorade	3
Red Bull	3
Água do Luso	5,5

Tabela 1: pH de refrigerantes, bebidas isotónicas e água mineral

vendas dos produtos não decaíam devido à sua propaganda de repercussão na superfície do esmalte através de processos de erosão. As técnicas estudadas e aplicadas em algumas bebidas têm por base a adição de cálcio, fosfato e polímeros de glucose de cadeia longa ou a presença de ácido cítrico em quantidades baixas. Apesar disso, as quantidades aplicadas não alteram o sabor, mas não são excelentes na inibição da erosão dentária. [14]

Sabe-se que há medida que a quantidade de cálcio e fosfato aumenta na solução, esta diminui o seu potencial erosivo. Actualmente têm-se testado adições de 40 mmol/L de cálcio e 30 mmol/L e os resultados têm-se mostrado favoráveis. [1-2] [5] Como exemplo de bebidas com aditivos considera-se o Red Bull® com adição de cálcio e o Isostar® com adição de fosfato.

A adição de ácido cítrico em baixas quantidades aumenta a capacidade tampão da saliva e demonstra algum poder protector, pois inibe a fosfofrutoquinase, uma enzima que degrada o ácido responsável pela fermentação dos açúcares na placa bacteriana. Em grandes quantidades é responsável por um aumento do potencial erosivo. [8, 13] Na pesquisa efectuada não foi encontrada qualquer referência sobre a concentração e quantidade de ácido cítrico a utilizar para que a adição proporcione efeitos benéficos.

3.2.3 Importância da saliva

A saliva tem um papel preponderante na protecção do meio oral e é constituída bioquimicamente por água com componentes orgânicos e inorgânicos. Entre os constituintes inorgânicos incluem-se sais (fundamentalmente cloretos), bicarbonatos, fosfatos e iões potássio, sódio e cálcio. Os elementos orgânicos são transferidos desde o sangue (glicose, ácido úrico entre outros) ou são formados nas células parenquimatosas das glândulas salivares.

A secreção salivar é produzida através do reflexo salivar. Este processo tem início com o estímulo de uma série de receptores orais do tipo mucoso, dentário, periodontal assim como, proprioreceptores dos músculos mastigadores. Por outro lado, os receptores situados a nível retiniano e olfactivo são também capazes de desencadear estimulação da secreção salivar. Os impulsos nervosos são transmitidos até aos neurónios da zona bulboprotuberancial, nos centros salivares. Uma vez integrados cria-se uma resposta que estimula as glândulas salivares para a produção de saliva. [15]

Alguns dos componentes atrás referidos são capazes de desenvolver mecanismos com capacidade de equilibrar as diversas influências ácidas provenientes quer do meio interno quer da dieta. Entre estes últimos está o pH salivar durante a secreção (mais alto), a sua capacidade tampão e a presença de amónia e ureia. [16]

A saliva recobre todas as superfícies da cavidade oral, remineraliza o esmalte e possui uma capacidade tampão que neutraliza bactérias e ácidos cariogénicos. O pH normal da saliva, na cavidade oral, é entre 6.5 a 7.5. Bactérias da placa bacteriana tem a capacidade de metabolizar os açúcares e alimentos que contêm açúcar em ácidos, inicialmente lactato. A alteração no pH daí resultante, quando seguida no tempo, é referida como a curva de Stephan. [15]

Os instantes iniciais de exposição ao meio ácido na cavidade oral são essenciais na determinação da eficácia do processo erosivo e a subida do pH é essencialmente atribuída à remoção ou ao fim dos substratos bacterianos e à diluição do seu poder ácido. O efeito tampão é devido ao bicarbonato e à presença factores específicos de aumento do pH como a amónia e o glutamato.

Embora toda a cavidade oral esteja recoberta por saliva, existem diferentes nichos ecológicos em diferentes localizações orais, em que o pH pode diferir devido a diferentes parâmetros de oxigénio, pressão, população bacteriana e de fungos, penetração dos alimentos, etc. Os principais compartimentos da mucosa oral são: mucosa jugal, palato, língua, pavimento bucal e lábios. Yosipovitch et al, em 2001 concluem que os valores do pH variam de acordo com a localização oral e que o palato apresenta os valores mais elevados. [15]

A secreção salivar é considerada um processo fundamental na diluição e tamponamento das soluções ácidas, porém está demonstrado que é atenuada com o sabor ácido. Com exposição contínua a soluções acídicas vai tornando-se cada vez mais escassa e conseqüentemente a capacidade tampão não actua como um meio de protecção efectivo. [7, 14]

3.2.4 Sistemas cerâmicos

À medida que se verifica um aumento do tempo de vida da dentição natural das populações, aumenta também a necessidade de restaurações esteticamente aceitáveis. Este facto reflecte-se no crescente uso de procedimentos restauradores envolvendo materiais cerâmicos. A cerâmica de uso dentário tornou-se muito popular desde a primeira aplicação, bem sucedida, em 1960, devido à sua aparência natural. As restaurações cerâmicas estão indicadas, genericamente, quando a estética é um factor preponderante e/ou a dimensão das restaurações contra-indica a utilização de restaurações directas em compósito. [11, 17-19]

Uma das características mais relevantes dos materiais restauradores está relacionada com o facto de serem biologicamente inertes. Esta propriedade vai então

depender não só da sua estrutura e composição, mas também do seu manuseamento laboratorial e do efeito que o ambiente exerce sobre si. [18]

Comparando com as resinas compostas, directas e indirectas, as cerâmicas têm maior estabilidade de cor, resistência à fractura e resistência à abrasão, sendo mais abrasivas. Quando comparadas com restaurações totalmente metálicas ou metalocerâmicas, as cerâmicas são mais estéticas mas têm uma longevidade menor. Nos últimos anos, com o avanço das técnicas laboratoriais e aparecimento de novas subestruturas não metálicas estas "verdades" tem vindo a atenuar-se.

A degradação das cerâmicas em meio oral deve-se principalmente a forças mecânicas, ataque químico ou a combinação de ambos [18] tornando-se assim indispensável investigar cuidadosamente as propriedades dos materiais dentários, para que se possa estabelecer o seu valor terapêutico a longo prazo.

A cerâmica feldspática é composta fundamentalmente por sílica e feldspatos. A sílica constitui o componente principal da fase cristalina e a quantidade de cristais de leucite varia com o conteúdo de óxido de potássio, com a temperatura e o tempo de fusão. [20]

As propriedades da cerâmica feldspática dependem da sua composição, microestrutura, estado de stress residual após processamento e polimento da superfície. [19]

3.2.5 Durabilidade química das cerâmicas

Define-se durabilidade por resistência ao ataque da cerâmica pela água ou soluções aquosas (Newton). [11, 17-18, 21-22]

O primeiro estágio de degradação química é definido pela troca de iões alcalinos da cerâmica com os iões hidrogénio da água. (Charles). Este processo decorre posteriormente, segundo Ernsberger, com a penetração das moléculas de água que reagem com os átomos de oxigénio não ligados formando iões hidroxilo, que vão ser difundidos com os iões alcalino mantendo o equilíbrio electrolítico. [18] Em 1992, Anusavice concluiu que, apenas haveria evidência para degradação química das cerâmicas, quando expostas a ácido fluorídrico, amónia bifluorídrica e ácido hidrofluorídrico. Afirma ainda, que mais pesquisa deve ser efectuada, de modo a constatar a acção de outras substâncias na superfície da cerâmica através de testes de aceleração de durabilidade. [18]

Na generalidade pode afirmar-se que a durabilidade química da cerâmica é favorável, podendo ser afectada por vários factores tais como a composição e a

microestrutura da cerâmica; a exposição a agentes ácidos; o tempo de exposição e a temperatura. [11] [22]

De uma maneira geral, podem-se dividir as cerâmicas em alta fusão e baixa fusão. As cerâmicas feldspáticas, de alta fusão, consideram-se mais resistentes à degradação química, mas não se pode afirmar conclusivamente que as cerâmicas de baixo ponto de fusão, só por esta característica, são mais propensas a uma degradação química.

A durabilidade química está intimamente relacionada com os iões alcalinos presentes na cerâmica, sendo que, é cerca de metade quando apenas está presente K_2O em vez de Na_2O , presumivelmente devido ao diferente tamanho dos iões. O efeito alcalino misto dá-se quando tanto o sódio como o potássio estão presentes, caso das cerâmicas feldspáticas. [17]

A degradação química pode ser compensada pela adição de elementos modificadores da estrutura, tais como Ca, Mg, Sr, Zn, Ba Zr e Al, pois são bivalentes ou trivalentes podendo imobilizar os iões alcalinos reduzindo a troca iónica existente no processo de degradação química.

Charles e Newton estabeleceram 2 mecanismos dominantes responsáveis pelo ataque químico das cerâmicas feldspáticas: a difusão dos iões alcalinos e a dissolução da camada vítrea. A um pH inferior a 9 o primeiro processo é predominante. Este decurso é controlado pela difusão de iões H^+ ou H_3O^+ de uma solução ácida para a superfície da cerâmica que conseqüentemente provocam a perda dos iões alcalinos da estrutura. Geralmente estes iões alcalinos são muito menos estáveis na fase vítrea que na fase cristalina. O risco de ataque químico nesta cerâmica está relacionado com a rugosidade de superfície e com a biocompatibilidade, pois os elementos são degradados na sua forma iónica reagindo facilmente com outros elementos. [18]

Apesar da estabilidade química da cerâmica estar bem documentada e a incidência de efeitos orgânicos secundários ser diminuta, o desenvolvimento do fabrico de novos materiais com novas substâncias na sua composição e alteração da percentagem dos seus constituintes não é acompanhada de evidência científica. Assim pode haver um decréscimo na estabilidade hidrolítica, que poderá acarretar as conseqüências atrás referidas. [17]

3.2.6 Toxicidade dos elementos resultantes da degradação

Ao considerar a degradação das cerâmicas deve ter-se em conta a ingestão dos elementos que dela advêm. Apesar de em condições normais o nível de toxicidade ser negligenciável, quando nos deparamos com novos materiais, novos componentes e condições inesperadas os efeitos dos elementos constituintes devem ser conhecidos.

O alumínio é degradado entre 0,001 e 0,2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$; o consumo de alumínio através de fármacos antiácidos é de 50-1000 mg/dia, depreendendo-se que as quantidades degradadas pela degradação química das cerâmicas são negligenciáveis, no entanto, actualmente existe alguma controvérsia sobre o envolvimento do alumínio na patogénese da doença de Alzheimer e outras patologias neurodegenerativas.

O lítio é degradado entre 0,02 e 16,2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dia}$; Em medicina a prescrição de doses entre 600 a 2100 mg/dia é utilizada para prevenir ou atenuar episódios maníacos e depressivos em doentes bipolares. Apenas em doses muito elevadas, quando em tratamento crónico, pode provocar diminuição da adaptação das células neurais ao stress oxidativo.

O cálcio nas doses degradadas não provoca qualquer efeito tóxico, embora, quando ingerido sobre a forma de óxido, pode levar a doença hepática.

O potássio não leva a qualquer risco de toxicidade.

O sódio presente nas cerâmicas sobre qualquer associação é inofensivo. [10, 18]

Pelo exposto anteriormente, considera-se que, devido a uma exposição contínua a um pH ácido, as superfícies cerâmicas, eventualmente, adquiram rugosidades que vão degradar estas superfícies, originar desgaste do materiais/dentes antagonistas, aumentar a adesão de placa bacteriana, o que contribui para uma acumulação de biofilme e inflamação gengival [23-24] e, por fim, diminuir os resultados estéticos destas restaurações (alteração da cor). [18, 25-26]

3.3 Objectivos

Estudar os efeitos de bebidas com pH ácido sobre uma cerâmica de revestimento, a cerâmica feldspática.

Entender em que medida a reabilitação a longo prazo com restaurações cerâmicas, deste tipo, está comprometida com o consumo de bebidas ácidas.

Conhecer possíveis alterações na superfície da porcelana sob os efeitos das diferentes bebidas ácidas testadas.

3.4 Material e métodos

3.4.1 Preparação dos discos de cerâmica feldspática

Produziram-se em laboratório 16 discos de cerâmica feldspática VITA VM13 com cerca de 7 mm de diâmetro e aproximadamente 2 mm de espessura executada pelos procedimentos habituais:

1ª queima (base dentin): temperatura inicial a 500° durante 6 minutos; durante 6.55 minutos a temperatura subiu 55° por minuto até atingir 880° aproximadamente; esta temperatura é mantida durante 1 minuto, após o qual a amostra fica em vácuo durante 6.55min.

2ª queima (enamel): temperatura inicial a 500° durante 6 minutos; durante 6.44 minutos a temperatura subiu 55° por minuto até atingir 870° aproximadamente; esta temperatura é mantida durante 1 minuto, após o qual a amostra fica em vácuo durante 6.44 minutos.

Composição: SiO₂: 40-63%
 Al₂O₃: 11-14%
 K₂O: 4-11%
 Na₂O: 4-6%
 CeO₂: 13-16% [27]



Figura 1: Disco de cerâmica após polimento com o sistema Exakt



Figura 2: Unidade de polimento do sistema Exakt.

Em cada disco, a face correspondente à cerâmica de esmalte foi, posteriormente, polida com lixas de silicon-carbida de granulação 1000, 1200 e 2500, sucessivamente. O sistema obteve um paralelismo do corte que foi mantido com o polimento. (Fig.2)

De uma forma aleatória, os 16 discos (n=16) foram divididos em 2 grupos de 8 e numerados:

Grupo FC 1 – FC 8: estudo do efeito da Coca-Cola® na superfície de cerâmica feldspática;
 Grupo FI 1 – FI 8: estudo do efeito do Red Bull® na superfície de cerâmica feldspática.

3.4.2 Seleção das bebidas a testar

As bebidas seleccionadas foram a Coca-Cola®, pela elevada taxa de consumo a nível mundial (sendo que o nosso país não é excepção), com um pH de 2,5 e o Red Bull®

(bebida isotónica com o pH mais ácido entre as geralmente comercializadas em Portugal). Fig. 3.

- a) Coca Cola: Bebida gaseificada, com sabor a noz de cola, criada em 1886 e comercializada em mais de 200 países. Esta bebida entrou oficialmente em Portugal em 1977 sendo considerada ilegal antes de 1974. A sua fórmula é considerada um dos segredos mais bem guardados do mundo. Tem como ingredientes: aromatizantes naturais, água gaseificada, açúcar, cafeína, extracto de noz de cola, corante caramelo IV e acidulante ácido fosfórico.



Figura 3: Processo de selecção da bebida isotónica (Red Bull®, Isostar®, Gatorade®, Powerade®)

É um produto não alcoólico, sem glúten e não contém quantidades significativas de proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans e fibras alimentares. Em 2006 atingiu uma cota no mercado superior a 40% de todas as bebidas carbonatadas.

- b) Red Bull: Bebida energética que se tornou um sucesso de vendas em mais de 140 países, devido, em grande parte, a uma óptima campanha de marketing. Red Bull® foi criado em 1984, no entanto, a sua comercialização só foi legalizada em 1987.



Figura 4: Confirmação do pH das bebidas seleccionadas (Coca Cola® e Red Bull®)

Actualmente a empresa vende mais de 3 biliões de latas por ano. Uma lata de 250 ml contém 20 gramas de açúcar, 1000 mg de taurina, 600 mg de glucuronolactona, 80 mg de cafeína e vitaminas do complexo B.

3.4.3 Análise da superfície das amostras antes da imersão

Efectuou-se a análise de rugosidade superficial dos discos de cerâmica feldspática com rugosímetro a laser (R.L.). A partir do valor obtido em cada disco calculou-se a média da rugosidade de superfície do total de amostras.

Dois discos escolhidos aleatoriamente de cada grupo foram identificados e analisados em microscopia electrónica de varrimento

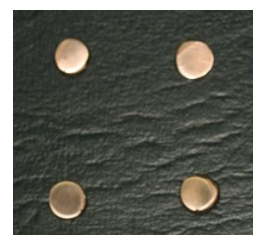


Figura 5: Discos com revestimento a ouro para análise em M.E.V.

(M.E.V.), para tal efectuou-se uma montagem em suporte condutor e revestimento com uma fina camada de ouro (100 nanómetros) para garantir condutividade superficial, observação a diversas ampliações e obtenção de micrografias. A técnica utilizada na produção do filme de ouro foi a pulverização catódica (do inglês; "sputtering") num equipamento de marca EDWARDS EXC 120 e fonte de potência HUTTINGER, PFG 1500 DC.



Figura 6: Sistema de pulverização catódica de ouro EDWARDS e fonte de potência HUTTINGER

Para remoção da película de ouro procedeu-se novamente ao polimento com discos de silicón carbida de 2500.

As medições foram efectuadas no Instituto Pedro Nunes.

3.4.4 Execução do trabalho experimental

Os discos foram mantidos individualmente em lugar seco e fechado, durante 48 horas, até serem efectuadas as análises por rugosímetro a laser e microscopia electrónica de varrimento. Após as análises, cada disco foi colocado num tubo fechado com 25 ml da respectiva solução a analisar (tabela 1): discos do grupo FC emergidos em Coca Cola® e do grupo FI emergidos em Red Bull® durante 168 horas a 37°.



Figura 7: Detalhe do tubo de coprocultura

Os recipientes escolhidos para efectuar o trabalho experimental foram tubos de coprocultura, o que permitiu que os discos fossem banhados, pela respectiva bebida, em todas as faces. O pH foi medido em cada 24 horas, concluindo-se que, ao fim de 48h este aproximava-se do pH crítico 4,5-5.0. Ao fim das 48h, 96h e 144h as soluções ácidas foram substituídas; as amostras e recipientes foram lavadas abundantemente com água destilada e colocadas num banho de ultrassons durante 5 minutos, a cada substituição. Antes da nova imersão todas as amostras e recipientes foram secos com jacto de ar. Com o período total de imersão concluído as análises iniciais foram repetidas (R.L. e M.E.V.)

	pH inicial	pH final	Lote	Fabricante
Coca Cola®	2,5	4,5	L6A1747	The Coca Cola Company
Red Bull®	3	4	1148178	Red Bull

Tabela 2: Agentes ácidos utilizados e pH

3.4.5 Análise por rugosímetro a laser

O rugosímetro é um instrumento que mede e avalia a microrugosidade de uma superfície até ao milésimo de micra. É composto das seguintes partes: sonda, tradutor, oscilador e unidade electrónica.

Foi seleccionado um comprimento de leitura de 1 mm.

Foram tidos em conta diversos parâmetros, abrangidos pelas normas ISO 4287 e 4288 tais como:

Rugosidade Média (R_a): valor médio aritmético de todos os desvios do perfil de rugosidade da linha média dentro dos comprimentos de avaliação;

Altura do Pico (R_p): altura do maior pico do perfil de rugosidade;

Profundidade do Vale (R_v): profundidade do menor vale do perfil de rugosidade;

Valor da Rugosidade Média: (R_z): média aritmética obtida de 5 comprimentos de medição unitários da distância vertical entre os 5 pontos mais altos e os 5 pontos mais baixo do perfil (R_p-R_v).

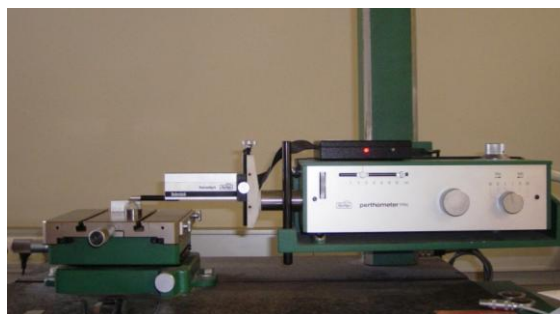


Figura 8: Rugosímetro a laser PRK S4P

3.4.6 Análise por microscopia electrónica de varrimento (M.E.V.)

O microscópio electrónico de varrimento (M.E.V.) é um equipamento capaz de produzir imagens 300.000 vezes de maior ampliação e resolução e de aparência tridimensional. O princípio de funcionamento do M.E.V. consiste na emissão de feixes de electrões por um filamento capilar de tungsténio (eléctrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. O eléctrodo positivo atrai fortemente os electrões gerados, o que resulta numa aceleração em direcção ao eléctrodo positivo. A correcção do percurso dos feixes é realizada pelas lentes condensadoras que alinham os feixes em direcção à abertura da objectiva. A objectiva ajusta o foco dos feixes de electrões antes de estes atingirem a amostra analisada.



Figura 9: Microscópio electrónico de varrimento

Anteriormente à análise por M.E.V. os discos foram colocados num sistema de vácuo e pulverizados com ouro que permite a visualização da amostra, já que esta não é condutora.

Foram efectuadas fotografias das amostras seleccionadas antes e depois da execução do protocolo experimental, para permitir uma análise qualitativa das alterações das amostras.

3.4.7 Estatística

Dado a dimensão total da amostra ($n=16$) e a dimensão dos grupos ($FC=8$ E $FI=8$) realizou-se o teste não paramétrico Kolmogorov-Smirnov (K-S) com correcção de significância de Lilliefors e o teste Shapiro-Wilk (S-W) para averiguar a distribuição amostral.

Com o objectivo de estabelecer diferenças estatisticamente significativas entre a cerâmica não sujeita e sujeita à exposição a bebidas acídicas, em termos de rugosidade de superfície foi efectuada uma análise estatística através do sistema informático SPSS com o teste *t-student*.

Hipótese nula (H_0): não existe qualquer alteração na superfície da cerâmica feldspática após imersas em Coca-Cola® ou Red Bull® durante 168 horas a 37°.

Hipótese experimental (H_1): são detectadas alterações na morfologia da superfície da cerâmica (hipótese bilateral com aumento ou diminuição da rugosidade de superfície).

3.5 Resultados

3.5.1 Análise quantitativa

A fim de validar a distribuição da amostra efectuaram-se os testes estatísticos K-S e S-W, (tabela3); como o valor da significância é superior a 0,05, em ambos os grupos amostrais, com excepção do valor da rugosidade média no grupo FI, pela teoria do limite central e, uma vez que, foi utilizado uma análise paramétrica, à qual estão inerentes erros estatísticos aceita-se que a variável segue uma distribuição normal. Este teste permite-nos concluir que aumentando o número da amostra os valores estatísticos encontrados não iriam mudar significativamente. A amostra é portanto válida.

Bebida	Parâmetros	Kolmogorov – Smirnov			Shapiro – Wilk		
		Statistic.	Df.	Sig.	Statistic.	Df.	Sig.
Coca Cola®	R _a	0,147	8	0,200	0,990	8	0,995
	R _z	0,205	8	0,200	0,882	8	0,196
	R _p	0,183	8	0,200	0,963	8	0,836
	R _v	0,180	8	0,200	0,890	8	0,234
Red Bull®	R _a	0,176	8	0,200	0,875	8	0,167
	R _z	0,249	8	0,155	0,819	8	0,046
	R _p	0,213	8	0,200	0,863	8	0,128
	R _v	0,271	8	0,087	0,818	8	0,044

Tabela 3: Aplicação dos testes Kolmogorov – Smirnov e Shapiro Wilk

Através dos valores encontrados pela análise paramétrica teste *t-student*, para amostras emparelhadas, (tabela 4) conclui-se que a cerâmica feldspática não sofreu alterações estatisticamente significativas após processo de degradação química em Coca-Cola® e Red Bull®.

Bebida	Parâmetros	Média pré imersão μm	Média pós imersão μm	Significância ρ^*
Coca Cola®	R _a	0,291 ± 0,050	0,316 ± 0,074	0,197
	R _z	3,343 ± 0,630	3,353 ± 0,636	0,962
	R _{max}	5,285 ± 1,799	4,874 ± 0,838	0,498
	R _p	1,135 ± 0,283	1,204 ± 0,250	0,518
	R _v	2,210 ± 0,599	2,485 ± 1,046	0,448
Red Bull®	R _a	0,230 ± 0,088	0,240 ± 0,074	0,666
	R _z	2,475 ± 1,020	2,713 ± 0,661	0,441
	R _{max}	3,930 ± 2,519	3,855 ± 1,217	0,923
	R _p	0,816 ± 0,252	1,008 ± 0,154	0,059
	R _v	1,660 ± 0,783	1,705 ± 0,556	0,842

*Intervalo de confiança de 95%, para o teste paramétrico *t-student*, para amostras emparelhadas (NS – não existem diferenças estatisticamente significativas)

Tabela 4: Aplicação do teste estatístico paramétrico *t-student*

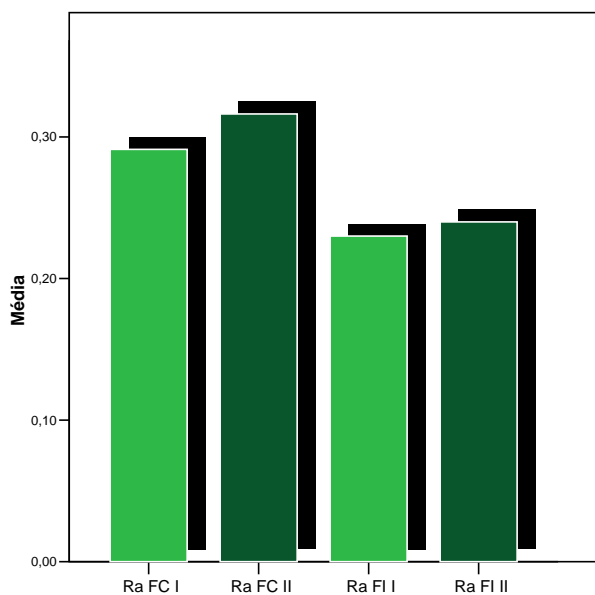


Gráfico 1: Média de Ra para as amostras pré imersão (FC I e FI I) e pós imersão (FC II e FI II)

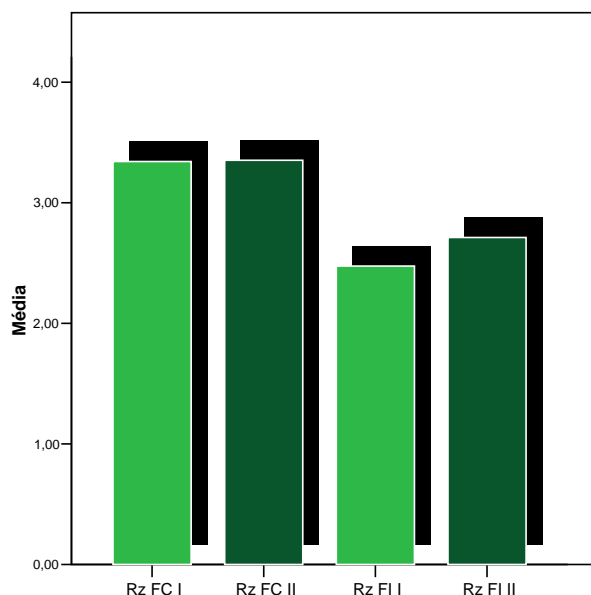


Gráfico 2: Média de Rz para as amostras pré imersão (FC I e FI I) e pós imersão (FC II e FI II)

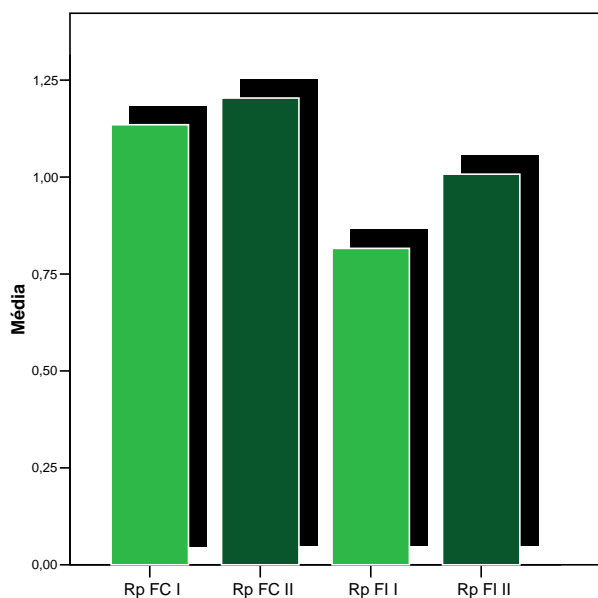


Gráfico 3: Média de Rp para as amostras pré imersão (FC I e FI I) e pós imersão (FC II e FI II)

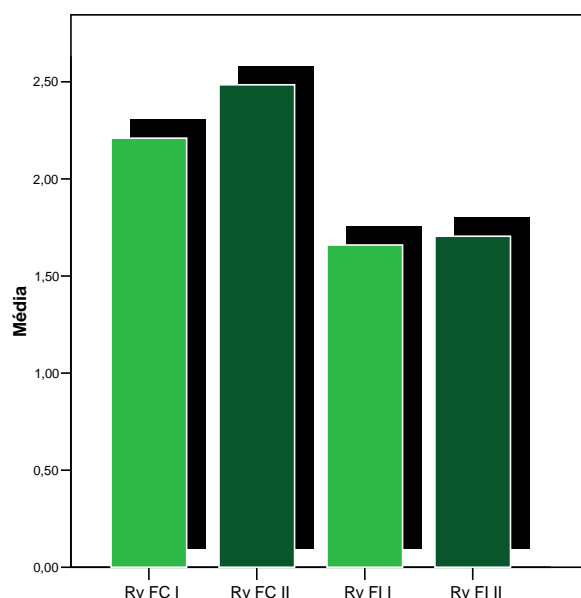


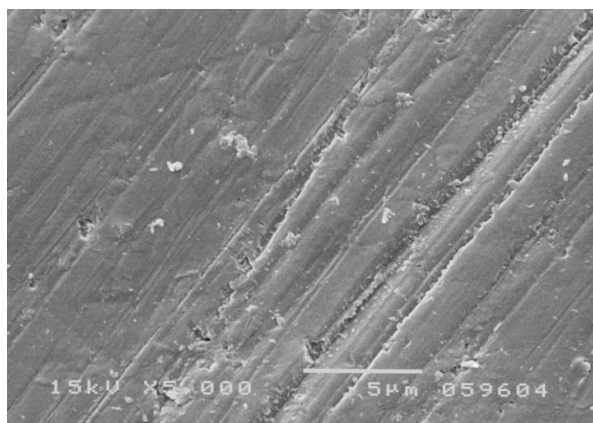
Gráfico 4: Média de Rv para as amostras pré imersão (FC I e FI I) e pós imersão (FC II e FI II)

Analisando em detalhe cada grupo nota-se que houve um pequeno aumento em R_a (Rugosidade Média), este valor é justificado, uma vez que, na medição após imersão encontram-se picos mais elevados e vales mais profundos o que se reflecte também num valor de rugosidade média (R_z) superior ao presente pré imersão.

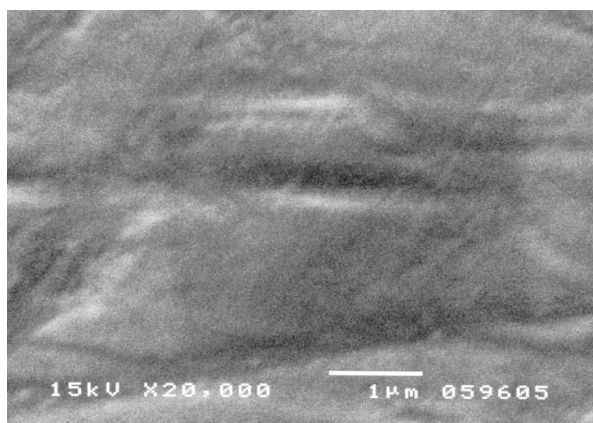
Os valores de rugosidade, aumentados após a imersão, não são porém estatisticamente significativos, o que nos indica que as alterações não são relevantes.

3.5.2 Análise qualitativa

1FC I

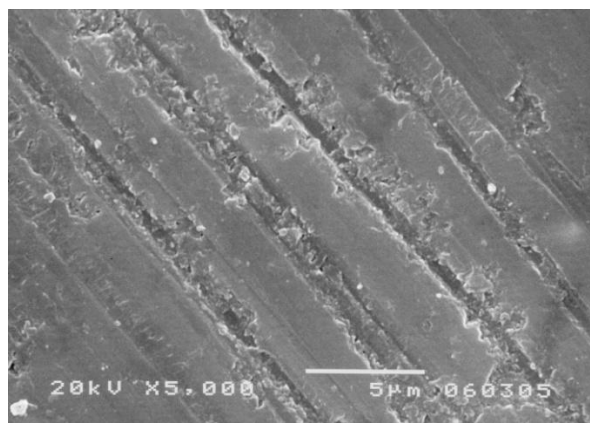


1.1 a) Micrografia da morfologia da superfície a 5000 vezes pré imersão com Coca-Cola®

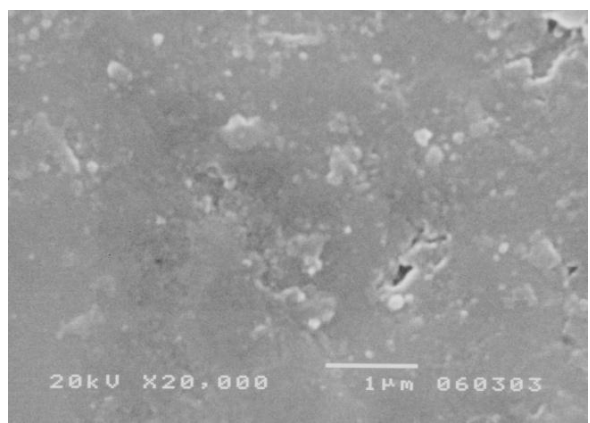


1.2 a) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes pré imersão com Coca-Cola®

1FC II

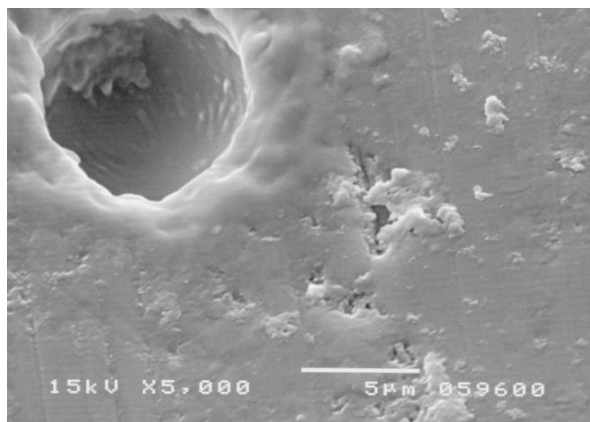


1.1 b) Micrografia da morfologia da superfície a 5000 vezes pós imersão com Coca-Cola®



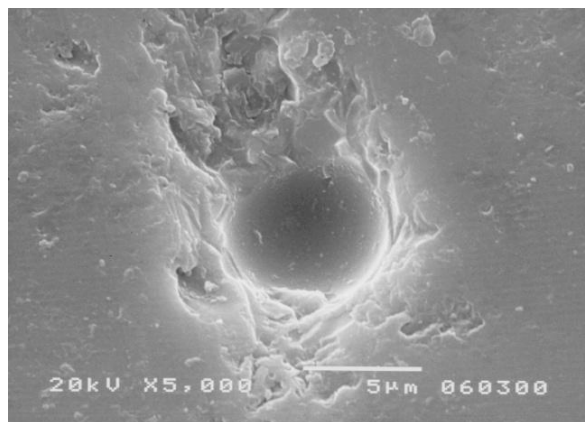
1.2 b) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes p imersão com Coca-Cola®

2FC I

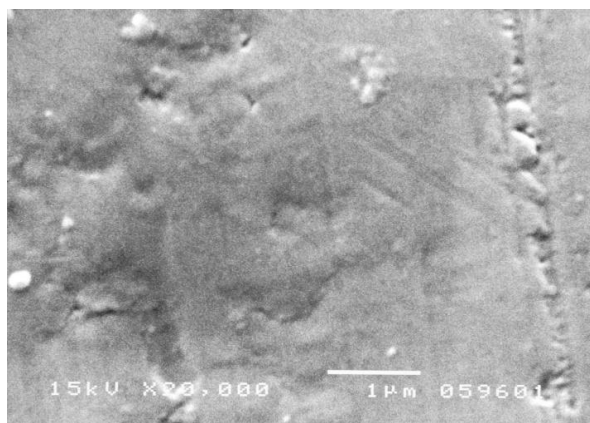


2.1 a) Micrografia da morfologia da superfície a 5000 vezes pré imersão com Coca-Cola®

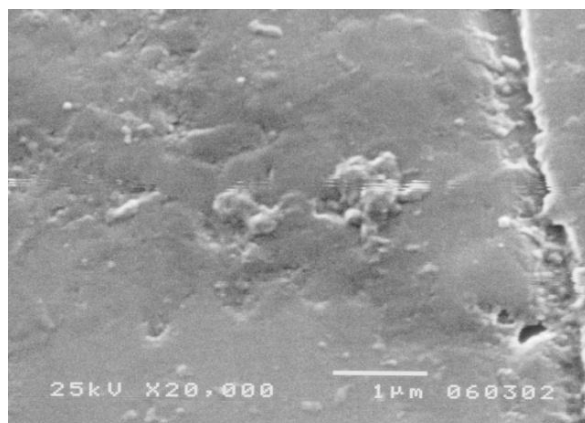
2FC II



2.1 b) Micrografia da morfologia da superfície a 5000 vezes pós imersão com Coca-Cola®

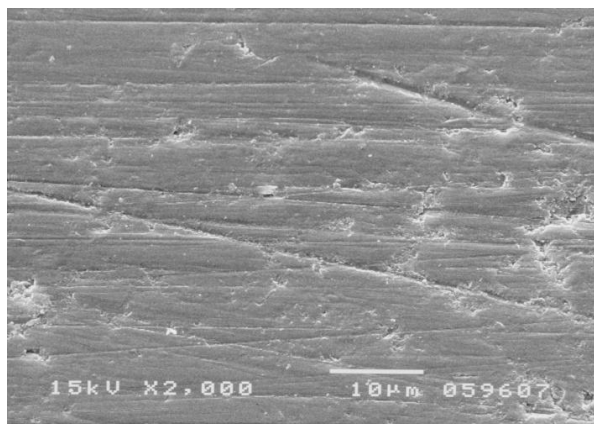


2.2 a) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes pré imersão com Coca-Cola®



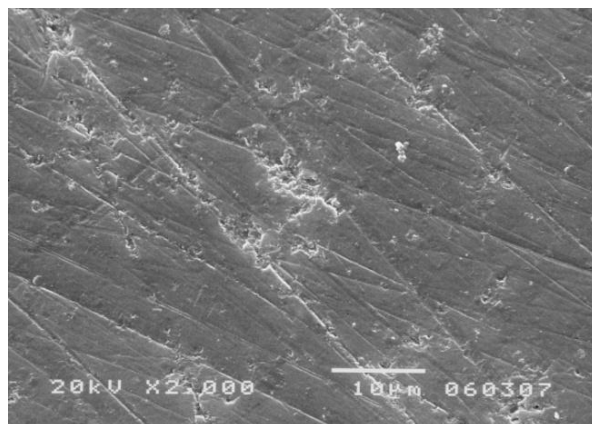
2.2 b) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes pós imersão com Coca-Cola®

1FI I

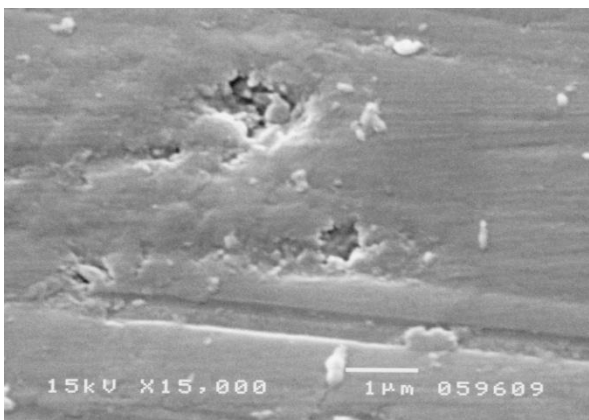


3.1 a) Micrografia da morfologia da superfície a 2000 vezes pré imersão com Red Bull®

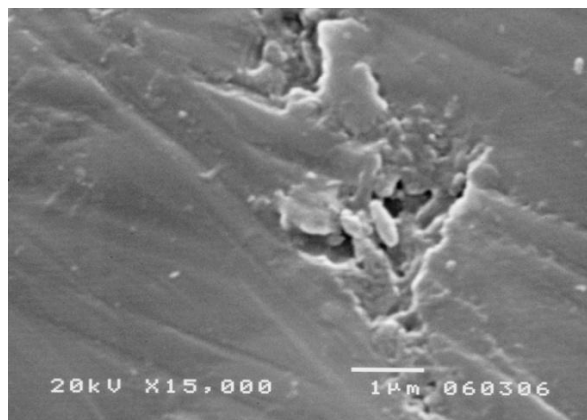
1FI II



3.1 b) Micrografia da morfologia da superfície a 2000 vezes pós imersão com Red Bull®

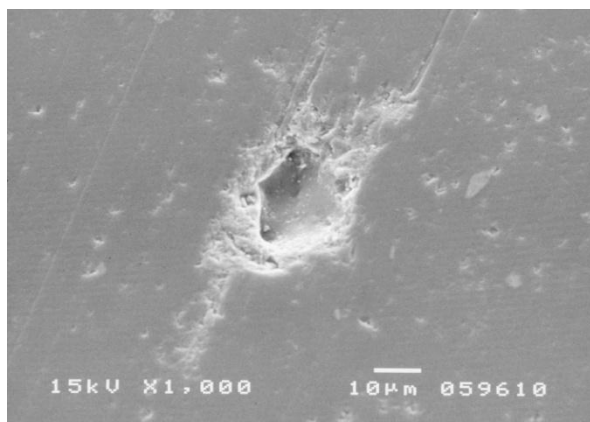


3.2 a) Micrografia da morfologia da superfície a 15000 vezes pré imersão com Red Bull®



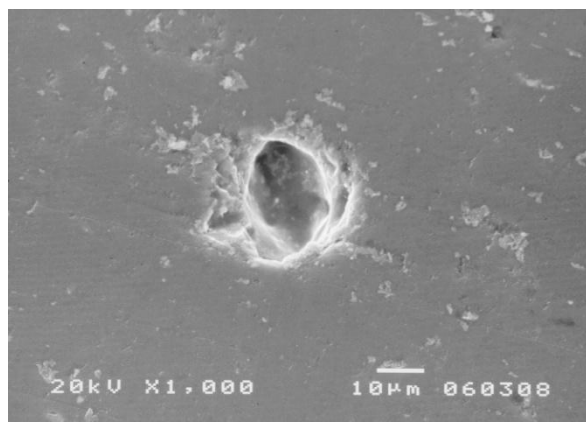
3.2 b) Micrografia da morfologia da superfície a 15000 vezes pós imersão com Red Bull®

2FI I

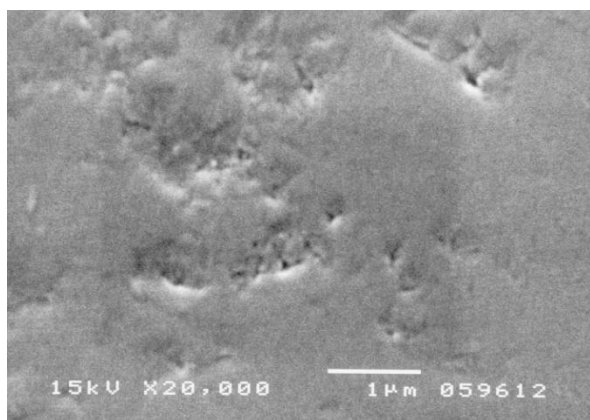


4.1 a) Micrografia da morfologia da superfície a 1000 vezes pré imersão com Red Bull®

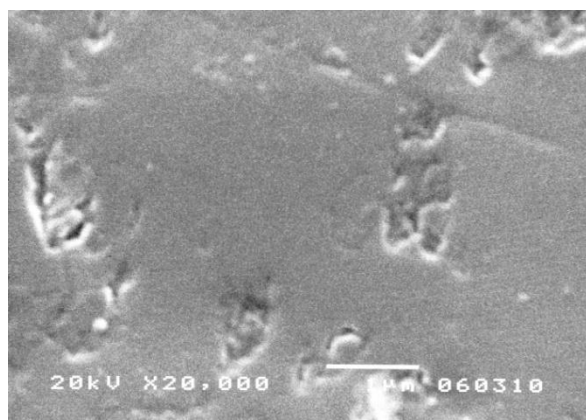
2FI II



4.2 b) Micrografia da morfologia da superfície a 1000 vezes pós imersão com Red Bull®



4.2 a) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes pré imersão com Red Bull®



4.2 b) Micrografia da morfologia da superfície a 20000 vezes pós imersão com Red Bull®

Através da análise qualitativa das imagens obtidas pelo M.E.V. de ampliação 1000, 2000, 5000, 15000 e 20000 vezes, a morfologia da superfície das amostras do grupo FC apresentam-se mais degradadas nos defeitos pré-existent à imersão em Coca Cola® do que as amostras do grupo FI. No entanto, o aumento da nitidez das fotos, nomeadamente com 20000 vezes de ampliação, após imersão em ambos os grupos indicam que há um aumento da microrugosidade.

3.6 Discussão

A elaboração do protocolo experimental para testar os efeitos de bebidas ácidas foi efectuado com base em estudos com objectivos semelhantes ao presente trabalho, no entanto, não há evidência científica que comprove que os resultados obtidos sejam iguais ao que acontece *in vivo*. Não foi encontrado qualquer orientação de metodologia na pesquisa efectuada. [10-11, 17, 28-29] As limitações dos estudos *in vitro* devem ser entendidas, pelo que, metodologia adoptada deve orientar-nos para futuros estudos e as suas conclusões podem ser um indicativo que nos deve proporcionar uma orientação para a actuação na prática clínica.

O projecto inicial, para a presente monografia, pretendia comparar o efeito das bebidas ácidas nas cerâmicas de recobrimento, embora, por motivos orçamentais apenas se pôde concretizar a utilização de uma cerâmica feldspática.

As amostras pedidas ao laboratório não respeitaram os requisitos, ou seja, não apresentavam paralelismo, o polimento não estava efectuado de acordo com o esperado, apresentavam inúmeros poros e cores distintas de amostra para amostra eram visíveis a olho nu. Esta condicionante obrigou-nos a efectuar um polimento com discos de silicon carbida para encontrar um paralelismo entre as faces da amostra. Este procedimento está no entanto descrito em alguns estudos [9, 17, 30-31]; A presença de poros não pode ser ultrapassada uma vez que estes apresentam profundidade muito superior a qualquer rugosidade de superfície dos discos.

Uma vez que não tínhamos consistência na cor entre as amostras, não foi efectuado o estudo sobre a alteração de cor que fazia parte do projecto inicial.

O protocolo inicial pretendia também que a imersão se processasse em sistema de termociclagem, no entanto, uma vez que, não podemos usufruir do recurso ao material, efectuou-se uma imersão das amostras nas soluções a testar em estufa a 37°, durante 168 horas, com o objectivo de simular 22 anos de uso - período médio das restaurações metalocerâmicas. Este procedimento está igualmente descrito em alguns artigos [10-11] não sendo encarado como uma limitação.

As bebidas seleccionadas para além de diferirem no pH ($\text{pH} \pm 2,5$ para a Coca Cola® e $\text{pH} \pm 3$ para o Red Bull®) apresentam ácidos distintos. O ácido fosfórico encontrado na Coca Cola® é mais facilmente tamponado pela saliva do que o citrato de sódio presente no Red Bull®. Este último composto advém do ácido cítrico, é um agente tampão que coopera para que o pH desta bebida se mantenha com valores baixos, não obstante, detém uma estrutura que permite sequestrar iões Ca^+ . Para minorar as consequências do valor do ácido titulável foi adicionado pantotenato de cálcio. Edwards et al e Wongkhantee et al

comprovaram que a quantidade de ácido titulável e capacidade tampão no Red Bull® é de muito maior relevo quando comparada a outras bebidas isotónicas. [13]

Esta análise, em maior detalhe, à composição química das bebidas poderá explicar a baixa subida do pH no Red Bull® (pH=3 a pH=4) em relação à determinada na Coca Cola® (pH=2,5 a pH=4,5) ao fim de 48h. Através da literatura conclui-se que o pH crítico as alterações na superfície dentária surgem com pH entre 4,2-5,5, (Smith & Shawin [6]) (Zero dt in [8]) assim optou-se por efectuar substituição das bebidas acídicas a cada 48h, uma vez que, apresentavam uma subida do pH próxima destes valores.

A medição de pH foi efectuada através de fitas medidoras, que pela comparação com uma escala de cor estabelece-se o valor de pH. Um medidor de pH electrónico dar-nos-ia valores mais exactos, mas não foi possível a sua utilização. Esta alteração no protocolo não é considerada uma limitação.

Os resultados obtidos mostram não haver diferenças estatisticamente significativas dos valores avaliados após imersão nas bebidas ácidas seleccionadas. Assim a hipótese confirmada é a hipótese nula. Estes resultados são consistentes com o estudo de Kamala K. R. e Annapurni H. que presenciaram alterações na rugosidade de superfícies com "glaze", mas não foram detectadas diferenças significativas no grupo das cerâmicas em que foi efectuado polimento. [30] No estudo atrás referido utilizaram-se como agentes acídicos a Coca-Cola®, peróxido de carbamida a 16% e água destilada (grupo controlo), sendo que o primeiro foi o que produziu alterações mais relevantes.

A rugosidade média teve um aumento superior para o grupo FC (0,025 μm) em relação ao FI (0,010 μm). O mesmo acontece na altura do maior vale que sofreu um aumento maior para o grupo FC. No entanto, o Valor de Rugosidade Média aumentou para o grupo FI, muito à custa de Rp que também aparenta um maior aumento para FI.

As superfícies polidas têm algumas vantagens que se destacam: o procedimento elimina defeitos decorrentes do processamento e considera-se que proporciona um aumento da resistência pela camada de compressão de superfície que surge durante o polimento; esta camada é resultado de stress residual que se opõe às forças de tensão aplicadas e é maior do que a tensão formada pela rugosidade de superfície. Não há estudos que comprovem que o procedimento de "glaze" aumente a resistência do material. [30, 32]

A duração química das cerâmicas depende do meio em que estão inseridas, da temperatura e do ponto iso-eléctrico, que por sua vez varia com a composição das cerâmicas. Assim, tanto maior é a duração química das cerâmicas quanto menor a acidez do meio, menor a temperatura e tempo de exposição a meio ácido e maior o ponto iso-eléctrico. [17]

Frequentemente na prática clínica o médico dentista vê-se obrigado a efectuar alguns ajustes, principalmente na face oclusal para as restaurações posteriores, face palatina para as anteriores e faces proximais para ambos a fim de conseguir melhor estabilidade oclusal e pontos de contacto correctos. Estas pequenas mudanças na estrutura criam alterações na morfologia da superfície, provocando um aumento da fragilidade da estrutura cerâmica; ao retirar o "glaze", há sempre uma maior rugosidade e portanto força de resistência menor, concentrando na área em questão um aumento do stress e início da propagação de fendas que se podem traduzir numa fractura prematura da restauração. Ao ser obrigatório o desgaste oclusal numa área da restauração o polimento é mandatário e deve ser efectuado com discos de silicone, discos de feltro e pasta de polimento a fim de reduzir ao máximo a rugosidade de superfície aproximando-a das características da superfície "glazeada".[29, 33]

Elmaria concluiu que a rugosidade de superfície das cerâmicas é mais afectada pelo uso, principalmente abrasão, do que pela própria dureza do material. A rugosidade pelo uso da restauração é afectada pela porosidade e tamanho das partículas. O desgaste das restaurações cerâmicas depende da natureza abrasiva da alimentação, hábitos parafuncionais, força neuromuscular, superfície oponente, constituição e pH salivar.[33]

Conclui-se assim que, as consequências do ataque químico nas cerâmicas repercutem-se na exposição da cerâmica de subestrutura, acumulação de placa, desgaste da superfície dos dentes antagonistas, mudança da cor e diminuição da resistência à fractura.

Passamos a enumera-las com breves referências bibliográficas:

*"The surface roughness of intraoral hard surfaces is of clinical importance
in the process of bacterial retention"*

Bollen C., 1997

Acumulação de placa: Através de vários estudos examinados num artigo de revisão bibliográfica conclui-se que a partir de valores de R_a superiores a $0,2 \mu\text{m}$ há um aumento exponencial da colonização bacteriana. A adesão e retenção de placa bacteriana ocorrem em 4 fases distintas: transporte das bactérias até à superfície, adesão bacteriana inicial, junção à superfície através de ligações específicas e colonização das superfícies. A colonização inicial acontece preferencialmente em irregularidades presentes na superfície.

Em cerâmica um aumento da rugosidade de superfície repercute-se numa colonização rápida da placa bacteriana aumentando o risco de cáries e doença periodontal. [23-24]

Não existe consenso sobre qual o melhor método de acabamento e polimento das cerâmicas; enquanto diversos estudos advogam o glaze como o método de excelência,

vários estudos sobre rugosidade e adesão de placa bacteriana concluem que um polimento da superfície promove menor adesão de placa bacteriana. [23, 34]

Através da análise quantitativa, as amostras do nosso estudo proporcionariam adesão de placa bacteriana antes do ataque químico e a colonização tornar-se-ia mais significativa após a degradação.

"...ceramic materials wear primarily by abrasion, and wear appears to be more related to roughness and fracture resistance than hardness values."

Elmaria et al, 2006

Desgaste da superfície dos dentes antagonistas: o desgaste da superfície dentária depende da natureza abrasiva da dieta, da presença de hábitos parafuncionais, da força neuromuscular, da natureza do esmalte, do pH salivar e natureza do dente oponente.

A rugosidade de superfície de uma restauração cerâmica está relacionada com a perda de esmalte do dente oponente. Um estudo de Elmaria et al concluiu que a perda de esmalte é proporcional à rugosidade da restauração que lhe é oponente. As maiores quantidades de esmalte perdidas estão associadas à cerâmica com "glaze", pois são as que apresentaram maior rugosidade de superfície antes da execução experimental.

A concentração de stress pré fractura numa restauração depende da rugosidade de superfície, forças internas dependentes da microestrutura, porosidade, fendas e presença de zonas de menor espessura na restauração próximas de áreas de maior stress. [32-33]

Ao repercutir a cerâmica das amostras numa restauração fixa sabe-se que apesar de apresentarem bom polimento, e assim apresentarem menor risco de desgaste dos dentes antagonistas, apresentam poros, podendo haver fractura prematura.

"Color stability is crucial for the success of ceramic materials. Color change of ceramics as a function of age is an ongoing concern..."

Atay et al, 2008

A estabilidade de cor é considerada crucial para o sucesso das restaurações fixas cerâmicas, como tal o seu estudo tem vindo a tornar-se frequente.

Atay et al concluíram que os diferentes tratamentos de superfície têm relevância no que respeita à estabilidade de cor, sendo que no seu estudo, as superfícies polidas foram as que demonstraram menor estabilidade de cor comparando com as "glazeadas".[35]

Koksal concluiu que há sempre diferença de cor quando cerâmica é imersa em soluções como Cola, chá ou café. Estas alterações não são estatisticamente significativas no tempo de estudo utilizado (4 semanas), mas conclui-se que a discrepância de cor aumenta com o tempo de exposição e que a solução que produz maior divergência de cor entre as estudadas (café, chá e cola é o café. [36]

"There is a good correlation between strength and surface roughness"

Albakry e tal, 2004

Diminuição da resistência à fractura: a cerâmica pode ser degradada pela exposição a soluções acídicas. Este processo decorre devido há dissolução selectiva da estrutura vítrea (Si-O-Si). Com a perda de iões como sílica, alumínio, sódio e potássio, a estrutura adquire rugosidade, poros, aumento da tensão de superfície que pode traduzir-se na acumulação de forças excessivas e por fim em fendas e fracturas. Conclui-se que a resistência da cerâmica varia com a composição da mesma e a dissolução selectiva de iões nos processos de degradação química.[22, 32]

Nenhuma das consequências atrás referidas se verifica na cerâmica testada, uma vez que, os resultados obtidos sugerem não haver diferenças estatisticamente significativas após imersão. No entanto nos parâmetros R_a , R_z , R_p , e R_v há um aumento ligeiro da média dos valores obtidos.

Pensa-se que a não ocorrência de resultados estatisticamente significativos (aceitação da hipótese nula) deve-se ao polimento da superfície e à sua composição. Noutros estudos, [10-11, 17] a degradação química das cerâmicas estudadas ocorreu, embora, as cerâmicas tenham sido diferentes (da utilizada no presente trabalho), nomeadamente, Vita VMK 95, Vitadur Alpha, IPS Empress Esthetic, IPS e.max Ceram, Vita Alpha, Ips-Empress, Duracerm LFC e Procera All Ceram e as amostras analisadas tinham acabamento com "glaze".

A cerâmica feldspática com a composição referida, polida do modo descrito é resistente à degradação química por agentes acídicos, nomeadamente Coca-Cola® e Red Bull®. Sendo que a metodologia pretende simular 22 anos de uso, pode afirmar-se que, ao fim deste período, a cerâmica referida polida não sofre alterações.

3.6.1 Contributo pessoal

Com base nas dificuldades encontradas na execução do protocolo, desde os procedimentos mais simples aos complexos, do material e organização temporal sugere-se um novo protocolo do qual pensa-se que poderá ser extraída mais e melhor informação.

*"As dificuldades devem ser usadas para crescer, não para desencorajar.
O espírito humano cresce mais forte no conflito."
William Ellery Channing*

Assim sugere-se:

Protocolo experimental

Título do projecto:

Efeito das bebidas ácidas em cerâmica de subestrutura e cerâmica de revestimento

Objectivos:

Investigar qual o efeito das bebidas ácidas na superfície das cerâmicas de recobrimento e perceber qual a que apresenta maior degradação química;

Investigar qual o efeito das bebidas ácidas na superfície das cerâmicas de subestrutura e perceber qual a que apresenta maior degradação química;

Visualizar através de M.E.V as alterações produzidas na superfície das cerâmicas;

Perceber qual o método de acabamento das cerâmicas de recobrimento (glaze/polimento) que oferece maior estabilidade química.

Material:

- | | |
|--|---|
| 1 - Forma metálica com selamento; | 9 - Ultrassons; |
| 2 - 15 discos de cerâmica feldspática polida; | 10 - Medidor de pH digital; |
| 3 - 15 discos de cerâmica feldspática com glaze; | 11 - Rugosímetro a laser; |
| 4 - 15 discos de vitrocerâmica polida; | 12 - Microscópio electrónico de varrimento; |
| 5 - 15 discos de vitrocerâmica com glaze; | 13 - 3 garrafas de Coca-Cola® |
| 6 - 15 discos de alumina; | 14 - 3 garrafas de bebida isotónica |
| 7 - 15 discos de zircónia; | 15 - 3 garrafas de água mineral |
| 8 - 90 tubos de coprocultura; | 16 - Espectrofotómetro |

	Cerâmica feldspática polida	Cerâmica feldspática com glaze	Vitrocerâmica polida	Vitrocerâmica com glaze	Alumina	Zircónia
Controlo (água mineral)	FPA 3	FGA 3	VPA 3	VGA 3	AA 3	ZA 3
Coca-Cola®	FPC 6	FGC 6	VPC 6	VGC 6	AC 6	ZC 6
Bebida Isotónica	FPI 6	FGI 6	VPI 6	VGI 6	AI 6	ZI 6

Tabela 5: Distribuição e designação dos grupos e nº de amostras

Notas: Polimento das superfícies pelo laboratório, segundo a metodologia habitual

Glaze das superfícies pelo laboratório, segundo a metodologia habitual

Métodos

- 1- Efectuar uma forma metálica circular de 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os discos de cerâmica devem ser efectuados através da forma cedida ao laboratório;
- 2- Requerer ao laboratório 30 discos de cerâmica feldspática, 15 discos polidos e 15 discos com glaze, 30 discos de vitrocerâmica, 15 discos polidos e 15 discos com glaze, 15 discos de alumina e 15 discos de zircónia, cor A2 preparados segundo as instruções do fornecedor;
- 3- Colocar os discos com 25 ml de água destilada em tubos de coprocultura e efectuar banho em Ultrassons durante 5 minutos;
- 4- Os discos e os tubos devem ser secos durante 30 segundos com jacto de ar;
- 5- Efectuar a análise das amostras no espectrofotómetro;
- 6- Efectuar análise no rugosímetro a laser através de 4 medições paralelas e 4 medições perpendiculares em cada amostra; Efectuar a média de R_a , R_v , R_p e R_z ;
- 7- Efectuar revestimento a ouro de uma amostra de cada grupo durante 35 segundos num sistema de vácuo;
- 8- Observar as amostras em M.E.V.; as amostras observadas devem ser desprezadas;
- 9- Colocar 5 ml da respectiva solução no tubo com a amostra;
- 10-Efectuar medição do pH em cada 24h e substituir as soluções assim que o pH se aproxime de 4,5;
- 11-Em cada substituição deve repetir-se os pontos 4 e 5;
- 12-Ao fim de 164 horas e após a lavagem e secagem referida as amostras devem ser analisadas repetindo os pontos 6, 7, 8 e 9;
- 13-Efectuar a análise estatística com um sistema informático de tratamento de dados (ex: SPSS) através dos testes *t-student* e ANOVA.

3.7 Conclusão

Os resultados obtidos através do protocolo executado indicam que a cerâmica VITA VM 13 polida não é estatisticamente afectada pelas bebidas ácidas analisadas (Coca-Cola® e Red Bull®). Através da análise de fotografias de M.E.V., nota-se que aparentemente há um ataque químico pela Coca-Cola®, principalmente onde previamente já existiam defeitos de superfície.

Através da bibliografia consultada, sabe-se que o polimento é um método de acabamento muito favorável, desde que efectuado de modo homogéneo, o que é um processo complexo.

Ao consultar este trabalho experimental deve ter-se em conta as limitações de um estudo *in vitro* e do protocolo subjacente. Propomos um novo protocolo que resulte num novo estudo, com resultados mais conclusivos e onde seja possível comparar materiais, técnicas de acabamento, e a acção das substâncias ácidas em toda a amostra. Qualquer estudo deve ter por objectivo orientar a prática do clínico com base em evidência científica.

4 - Bibliografia

1. Attin, t.e.a., *Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion*. Oral diseases, 2005.
2. Jensdottir, T.e.a., *Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro*. Elsevier, 2004. **33**.
3. Wongkhantee, S.e.a., *Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials*. Elsevier, 2006. **34**.
4. Infeld, T., *Dental erosion. Definition, classification and links*. Eur. J. Oral Sci, 1996. **104**.
5. Jensdottir, T.e.a., *Relationship between dental erosion, soft drink consumption, and gastroesophageal reflux among Icelanders*. clin. Oral Invest, 2004. **8**.
6. Randazzo, A.R.e.a., *Erosão dentária por influência da dieta. Revisão da literatura e relato de caso clínico*. Arquivo brasileiro de Odontologia, 2006.
7. Ehlen, L.A.e.a., *Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion*. Nutr Res Author manuscript 2008.
8. Tahmassebi, J.F.e.a., *Soft drinks and dental health: A review of current literature*. Elsevier, 2004. **34**.
9. Barbour, M.E.e.a., *The relationship between enamel softening and erosion caused by soft drinks at a range of temperatures*. Elsevier, 2005.
10. Kukiattrakoon, B., et al, *The effect of acidic agents on surface ion leaching and surface characteristics of dental porcelains*. The journal of prosthetic dentistry 2010. **103**.
11. Kukiattrakoon, B., et al, *Chemical durability and microhardness of dental ceramics immersed in acidic agents*. Acta Odontologica Scandinavica, 2010. **68**.
12. Cairns, A.M.e.a., *The pH and titrable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion*. journal of Dentistry, 2002. **30**.
13. Kitchens, M.O., B, *Effect of carbonated beverages, coffee, sports and high energy drinks, and bottled water on the in vitro erosion characteristics of dental enamel*. j clin pediatric dent, 2007. **31**.
14. Hooper, S.e.a., *A comparison of enamel erosion by a new sports drink compared to two proprietary products: a controlled, crossover study in situ*. Elsevier, 2004. **32**.

15. Guimarães, P.V., *Xerostomia numa população geriátrica hospitalizada*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Medicina. Universidade de Coimbra, 2004.
16. Mendel, I.D., *A contemporary view of salivary research*. Clinical Reviews in Oral Biology and Medicine, 1993. **4**.
17. Milleding, P.e.a., *Surface corrosion of dental ceramics in vitro*. Biomaterials, 1998. **20**.
18. Anusavice, K.J., *Degradability of dental ceramics*. Adv Dent Res, 1992.
19. Rosenblum, M.A.S., A, *A review of all-ceramic restorations*. JADA, 1997. **128**.
20. Tondela, J.P., *Sistemas cerâmicos: as cerâmicas de alumina vitro-infiltradas e as vitrocerâmicas com cristais de leucite*. Trabalho para provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Faculdade de Medicina. Universidade de Coimbra, 1998.
21. Morena, R.e.a., *Fatigue of Dental ceramics in a stimulated oral enviroment*. J Dent Res, 1986. **65**.
22. Kukiattrakoon, B., et al, *Vicker's microhardness and energy dispersive x-ray analysis of fluorapatite-leucite and fluorapatite ceramics cyclically immersed in acidic agents*. journal of oral science, 2009. **51**.
23. Bollen, C.M.L.e.a., *Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature*. Dent Mater 1997.
24. Heintze, S.D.e.a., *Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load*. Dent Mater, 2009. **26**.
25. Saraçª, Y.S.e.a., *Surface Conditioning Methodes and Polishig Techniques Effect on Surface Rouce Roughness of a feldspar ceramic*. Angie Orthodontist, 2006. **77**.
26. Nakamura, Y.e.a., *Effects of thermal cycling and surface rougness on the weibull distribution of porcelain strength*. Dent Material Journal, 2009. **2009**.
27. Choi, B.K.e.a., *Shear bond strength or vennering porcelain to zirconia and metal cores*. J Adv Prosthodont, 2009. **1**.
28. Anusavice, K.J.e.a., *which mechanical and physical testing methodes are relevant for predicting the clinical performace of ceramic-based dental prostheses?* Clin. Oral Impl. Res 18, 2007.
29. Bottino, C.M.e.a., *Polishing Methodes of an Alumina-Reinforced Feldspar Ceramic*. Br Dent J, 2006. **17**.

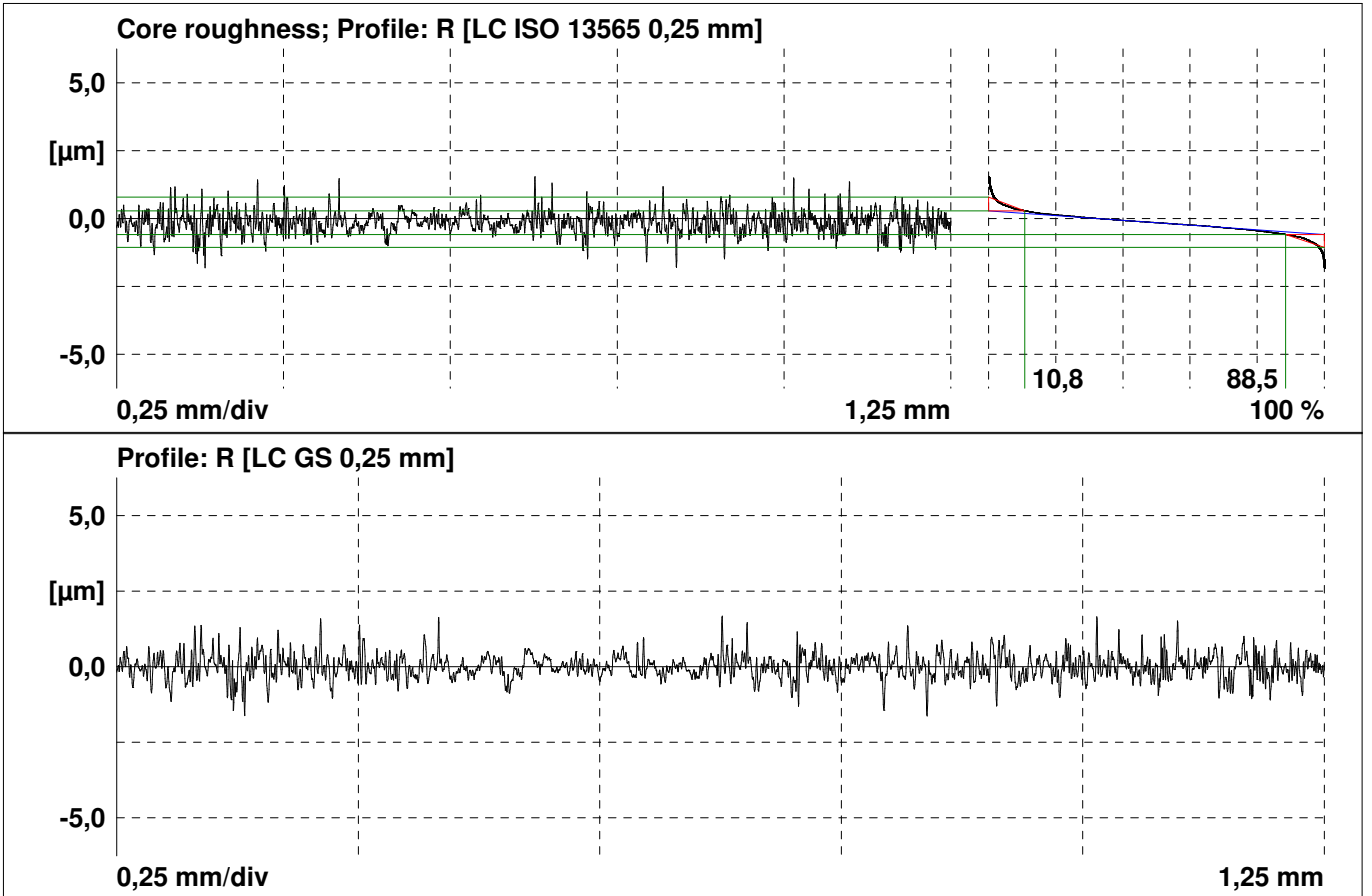
30. Kamala, K.R., *Evaluation of surface roughness of glazed and polished ceramic surface on exposure to fluoride gel, bleaching agent and aerated drink: an in vitro study*. Author Manuscript, 2005.
31. Barbour, M.E.e.a., *Human enamel erosion in constant composition citric acid solutions as a function of degree of saturation with respect to hydroxyapatite*. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2005. **32**.
32. Albakry, M.e.a., *Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials*. Elsevier, 2003.
33. Elmaria, A.e.a., *An evaluation of wear when enamel is opposed by various ceramic materials and gold*. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2006. **96**.
34. Kawai, K.e.a., *Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans*. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2000. **83**.
35. Atay, A.e.a., *Effect of accelerated aging on the color stability of feldspathic ceramic treated with various surface treatments*. *Quintessence Int*, 2008. **39**.
36. Koksall, T.D., I., *Colour stability of Different Denture Teeth materials against various staining agents* *Dent Mater. J.*, 2007. **27**.

Anexos

Anexo 1

Análise da rugosidade do grupo FC e
FI pré imersão em bebidas ácidas

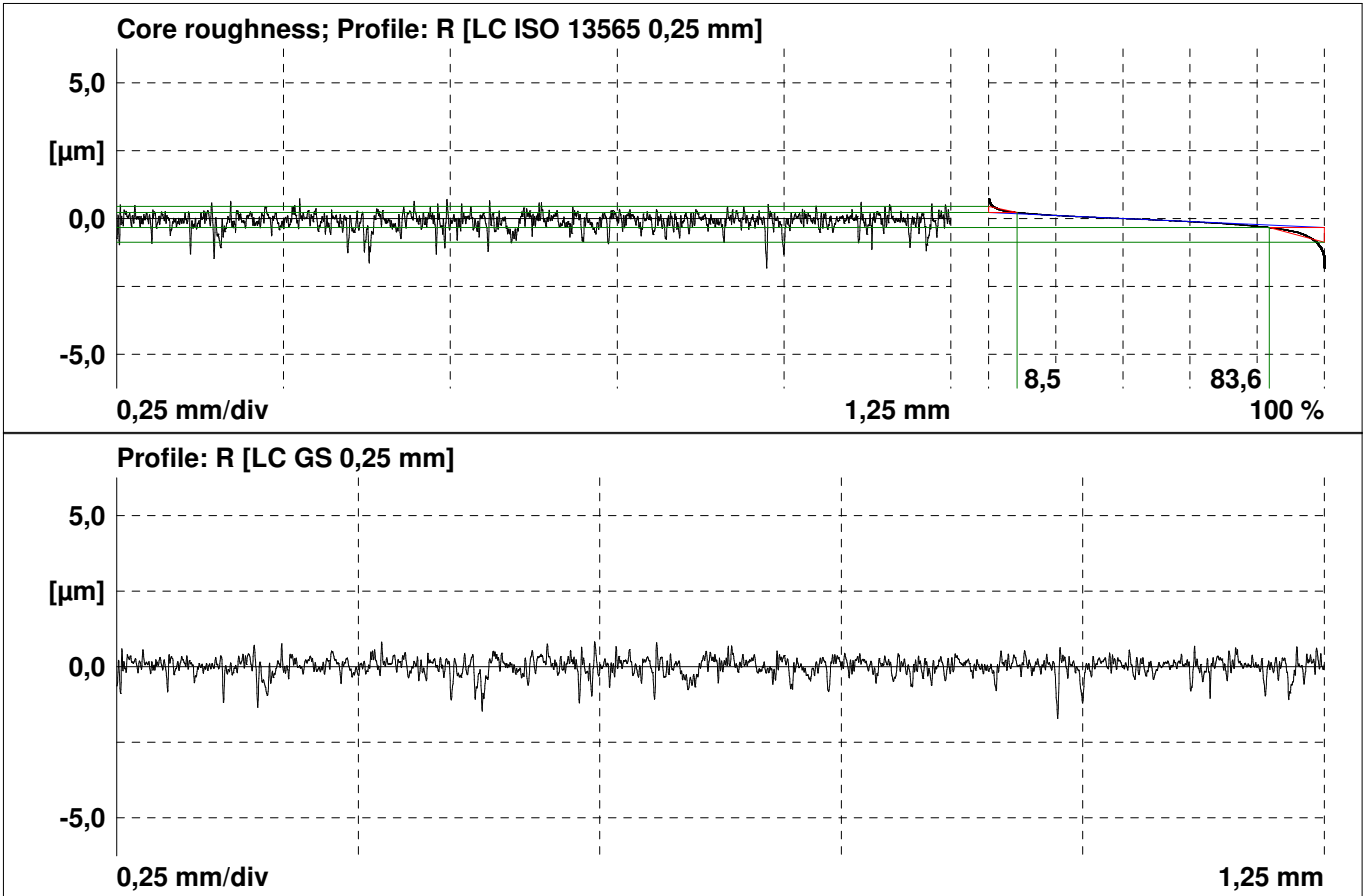
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:56



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,30	µm
Rmax	3,21	µm
Rz	2,89	µm
Rq	0,39	µm
Rp	1,58	µm
Rt	3,31	µm
R Pc (0,50;-0,50)	376	/cm
R HSC (0,50)	784	/cm
Rv	1,31	µm
Wt	0,65	µm
Wa	0,14	µm
Pt	3,70	µm
Pa	0,36	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

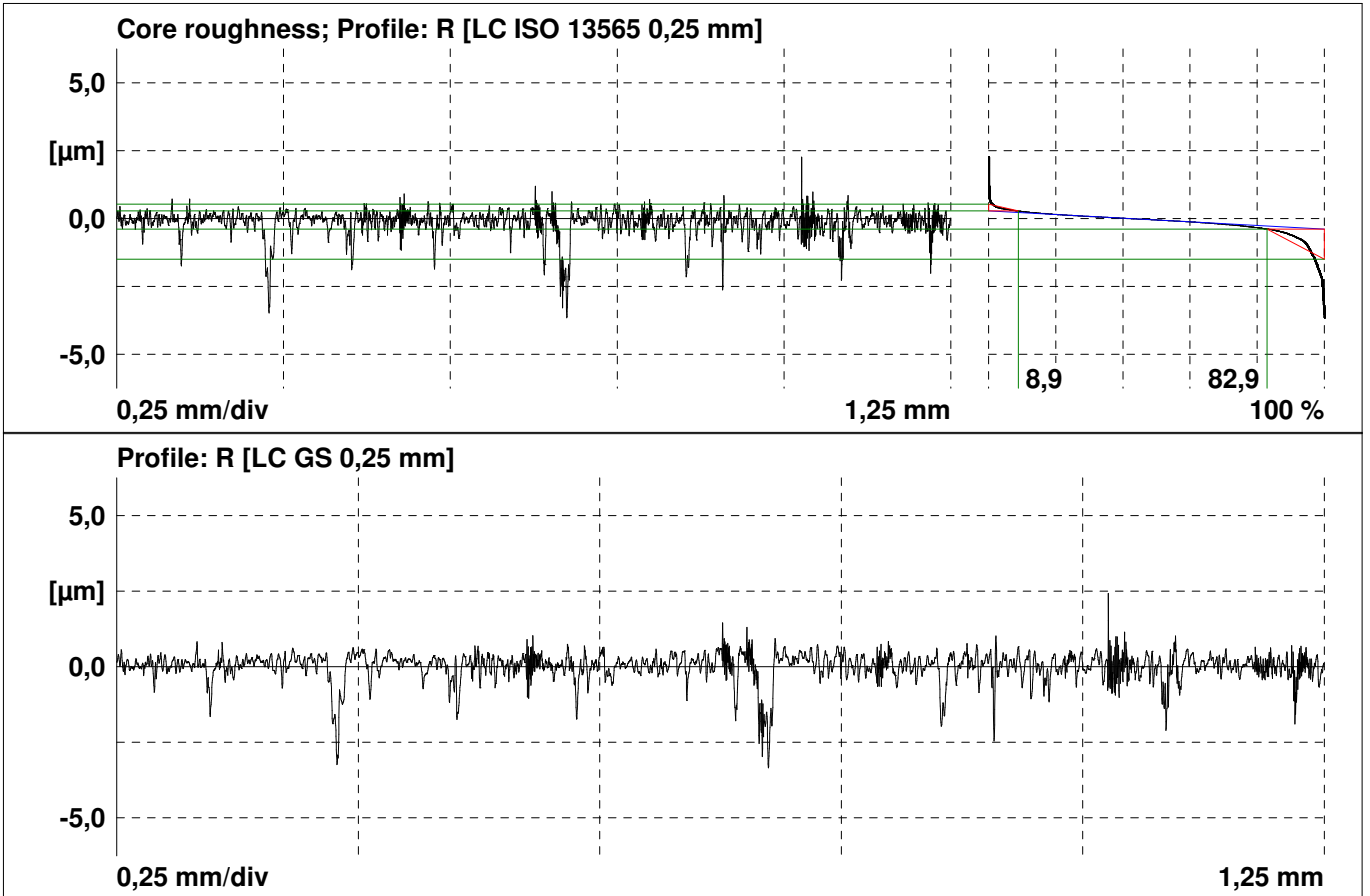
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:52



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,21	μm
Rmax	2,35	μm
Rz	2,10	μm
Rq	0,29	μm
Rp	0,74	μm
Rt	2,54	μm
R Pc (0,50;-0,50)	160	/cm
R HSC (0,50)	248	/cm
Rv	1,36	μm
Wt	0,61	μm
Wa	0,13	μm
Pt	4,19	μm
Pa	0,36	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

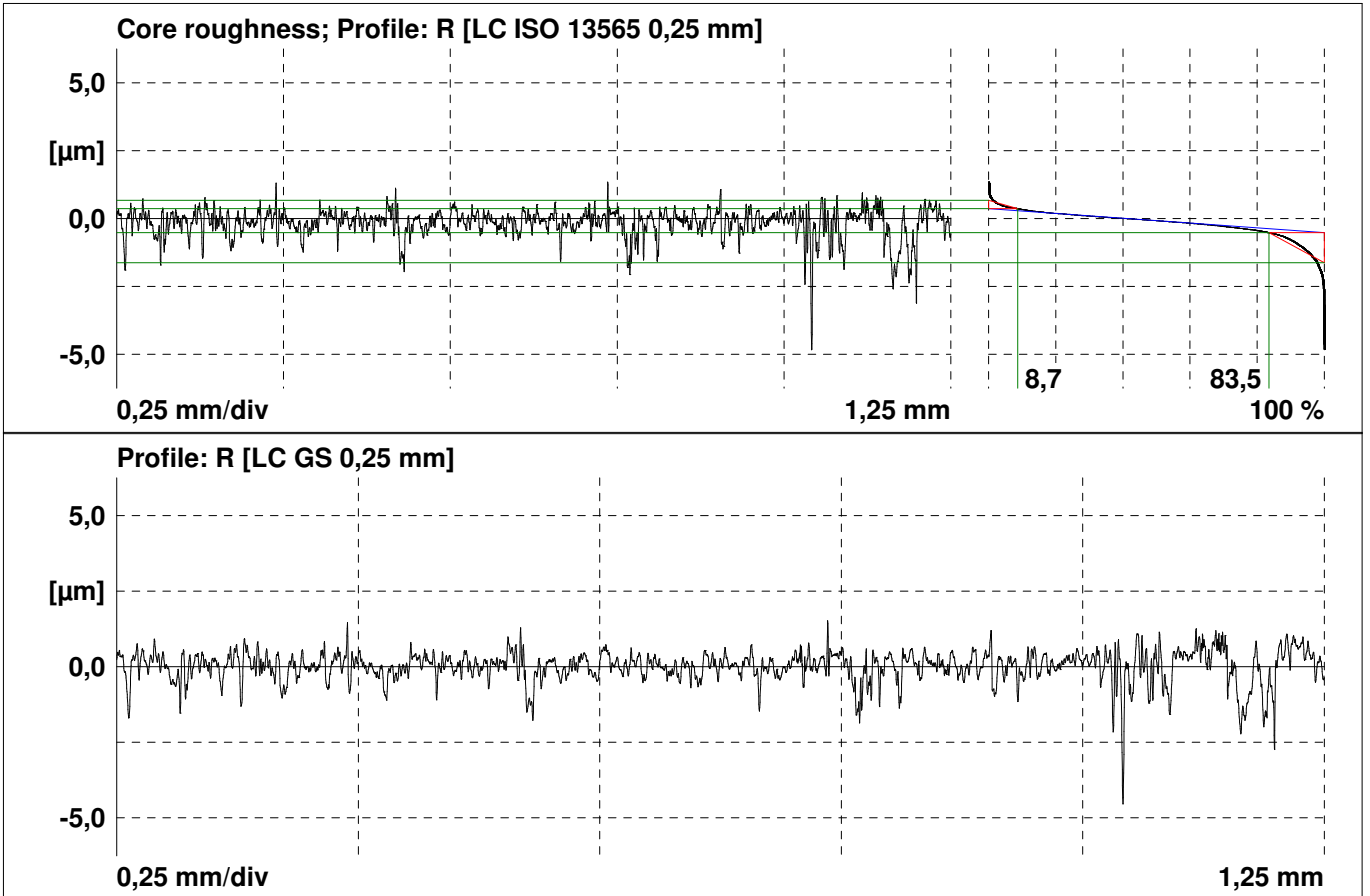
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:48



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,31	μm
Rmax	4,79	μm
Rz	3,92	μm
Rq	0,48	μm
Rp	1,35	μm
Rt	5,77	μm
R Pc (0,50;-0,50)	344	/cm
R HSC (0,50)	816	/cm
Rv	2,58	μm
Wt	0,43	μm
Wa	0,08	μm
Pt	6,06	μm
Pa	0,30	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

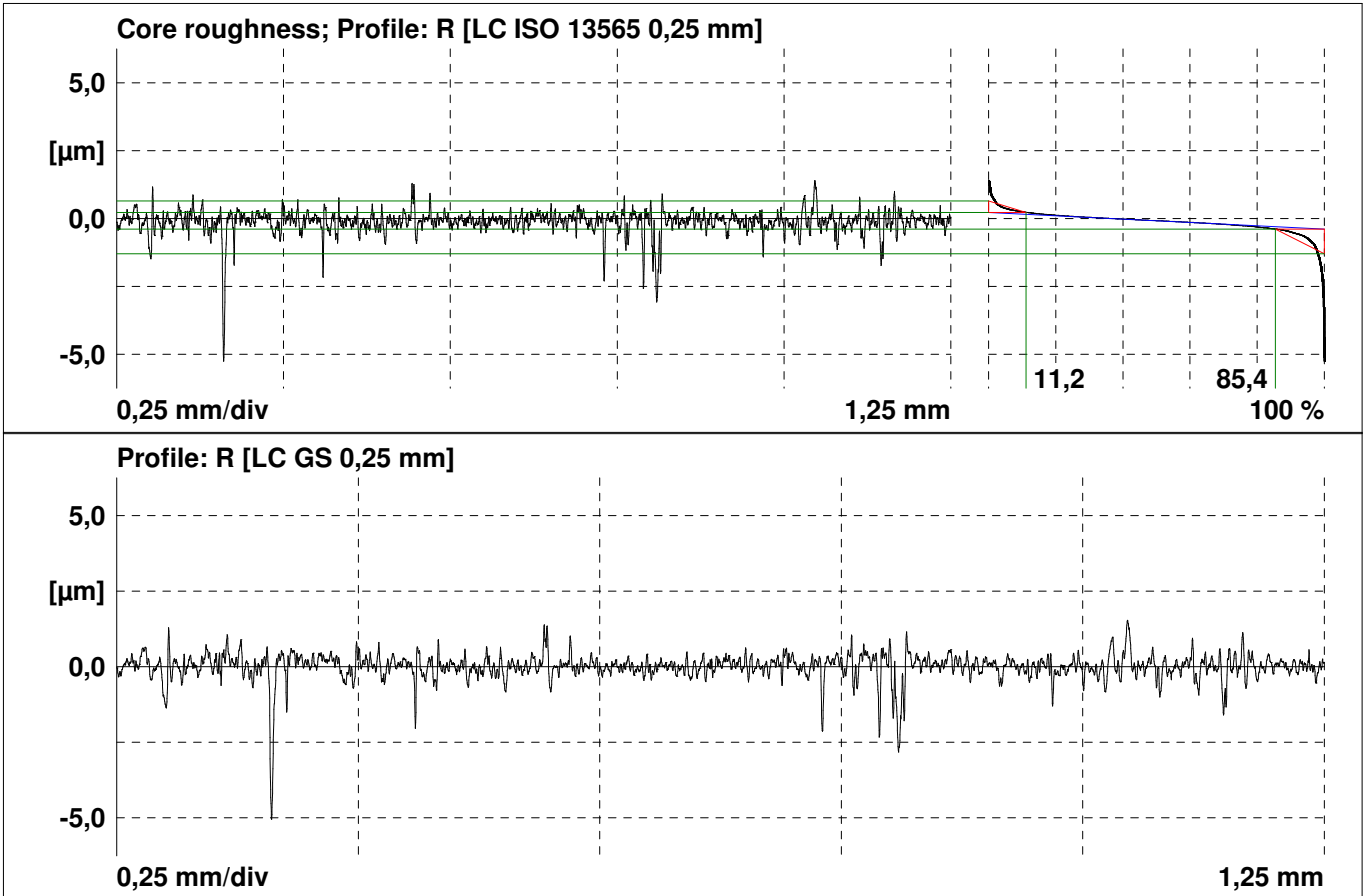
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:45



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,37	µm
Rmax	5,81	µm
Rz	3,62	µm
Rq	0,52	µm
Rp	1,35	µm
Rt	6,07	µm
R Pc (0,50;-0,50)	216	/cm
R HSC (0,50)	656	/cm
Rv	2,27	µm
Wt	0,53	µm
Wa	0,13	µm
Pt	6,27	µm
Pa	0,40	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

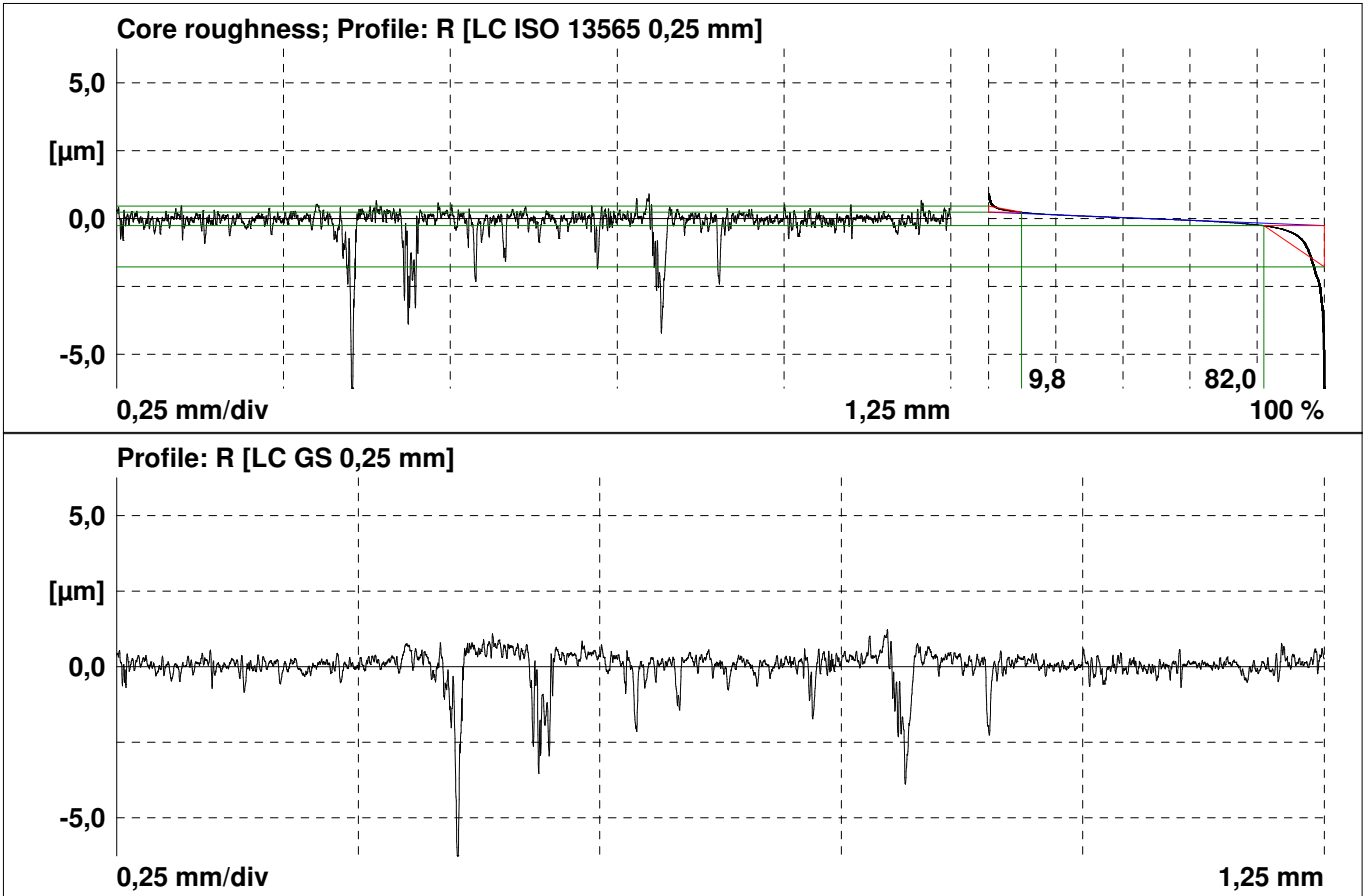
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:20



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,27	µm
Rmax	6,34	µm
Rz	3,93	µm
Rq	0,45	µm
Rp	1,20	µm
Rt	6,58	µm
R Pc (0,50;-0,50)	184	/cm
R HSC (0,50)	400	/cm
Rv	2,73	µm
Wt	0,48	µm
Wa	0,10	µm
Pt	6,76	µm
Pa	0,29	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

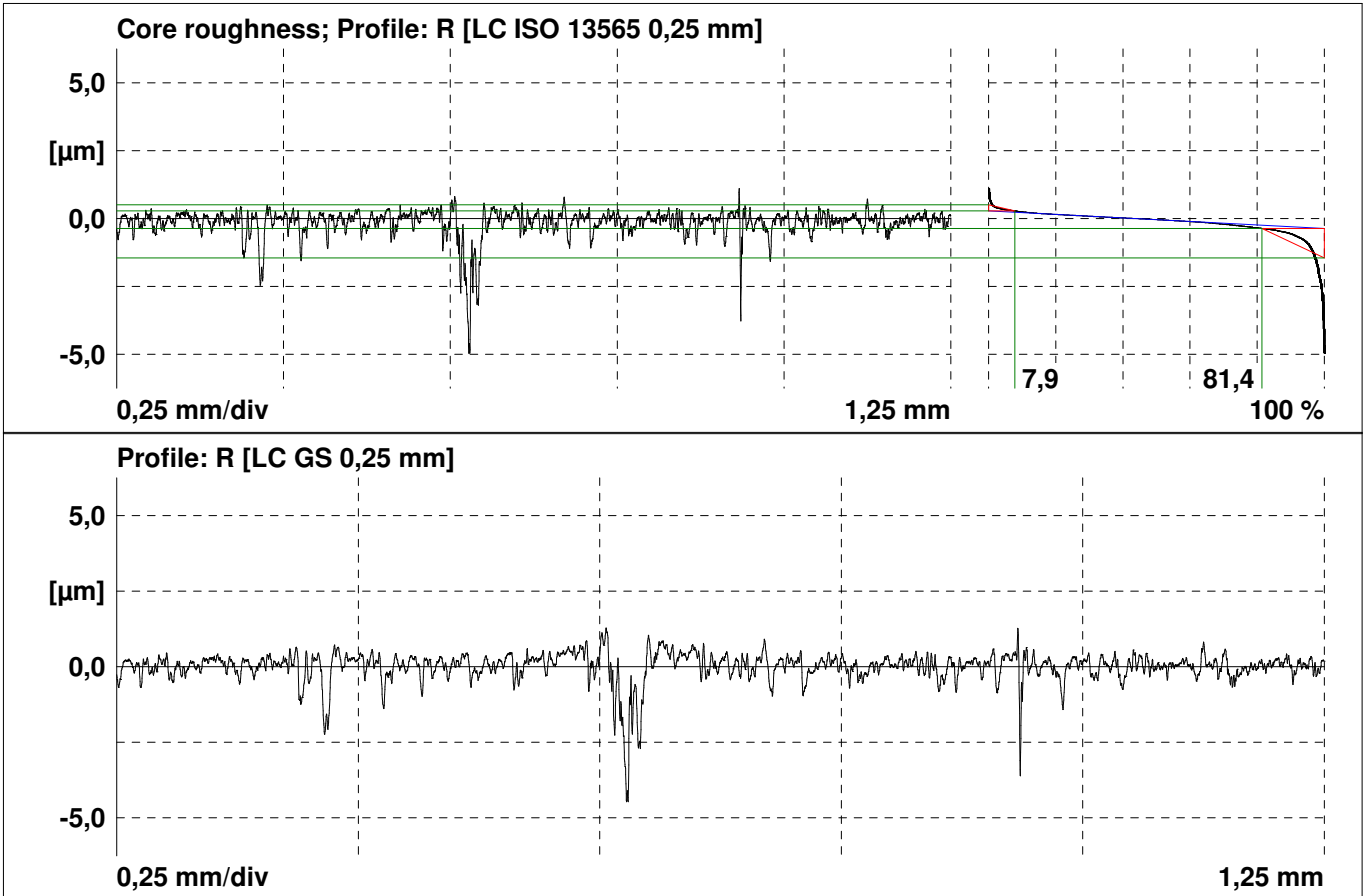
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 16:51



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,33	µm
Rmax	7,99	µm
Rz	3,76	µm
Rq	0,61	µm
Rp	0,87	µm
Rt	8,12	µm
R Pc (0,50;-0,50)	104	/cm
R HSC (0,50)	400	/cm
Rv	2,89	µm
Wt	0,68	µm
Wa	0,16	µm
Pt	8,87	µm
Pa	0,34	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

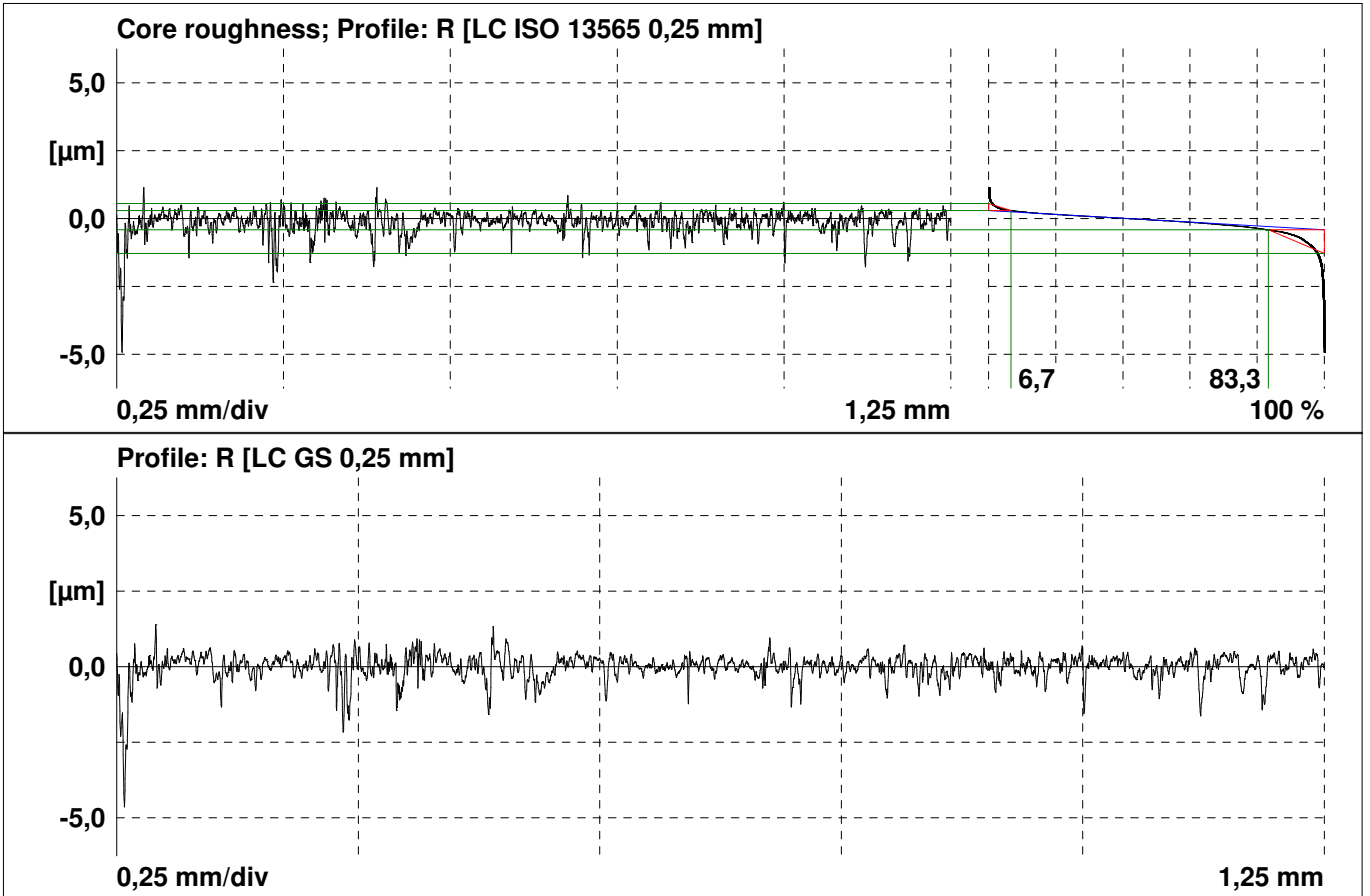
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 17:17



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,31	µm
Rmax	5,74	µm
Rz	3,47	µm
Rq	0,50	µm
Rp	0,99	µm
Rt	5,74	µm
R Pc (0,50;-0,50)	112	/cm
R HSC (0,50)	296	/cm
Rv	2,49	µm
Wt	0,79	µm
Wa	0,12	µm
Pt	6,61	µm
Pa	0,31	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

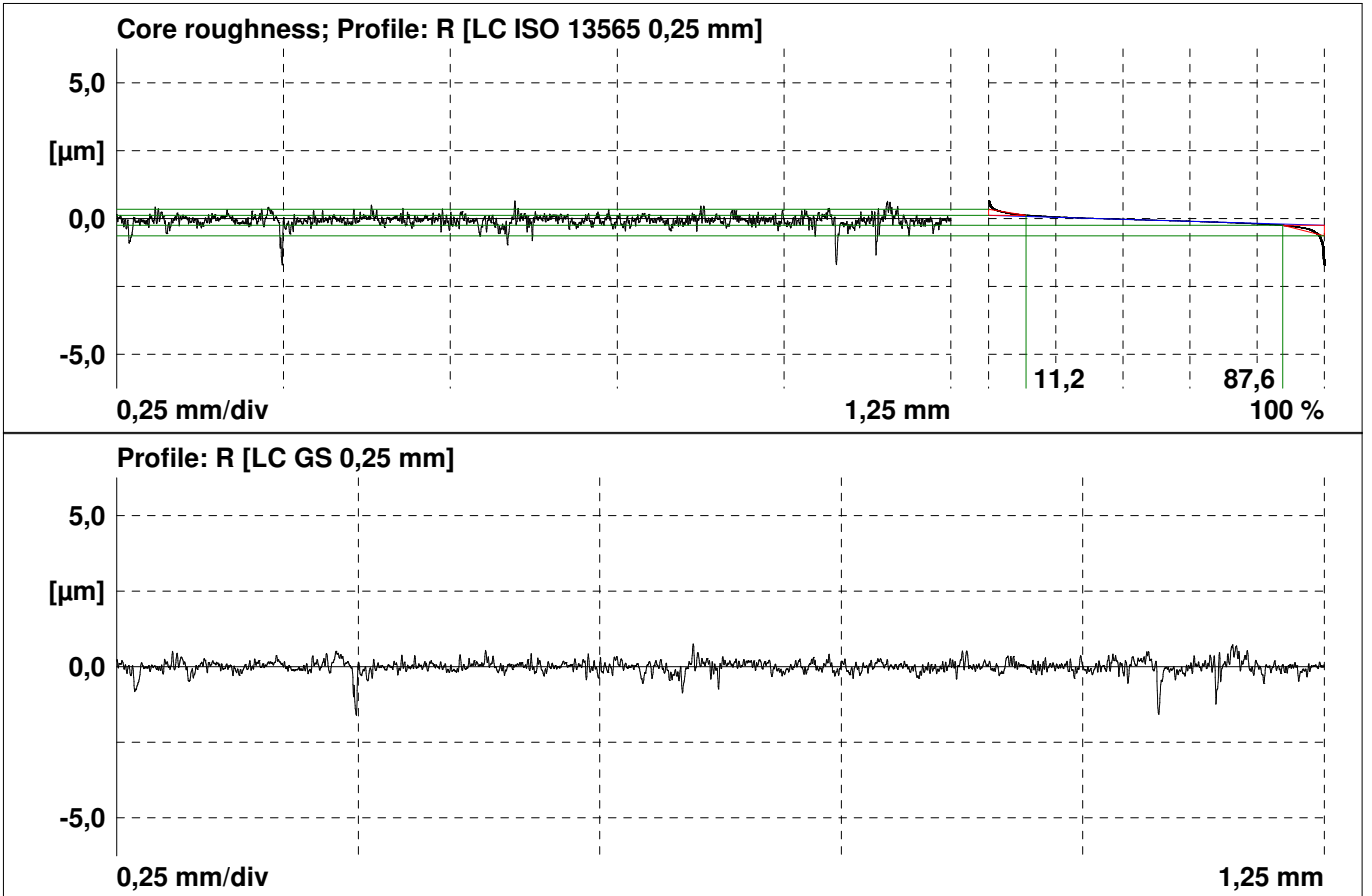
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 16:37



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,28	µm
Rmax	6,03	µm
Rz	3,05	µm
Rq	0,43	µm
Rp	1,00	µm
Rt	6,03	µm
R Pc (0,50;-0,50)	160	/cm
R HSC (0,50)	328	/cm
Rv	2,05	µm
Wt	0,64	µm
Wa	0,14	µm
Pt	6,45	µm
Pa	0,37	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

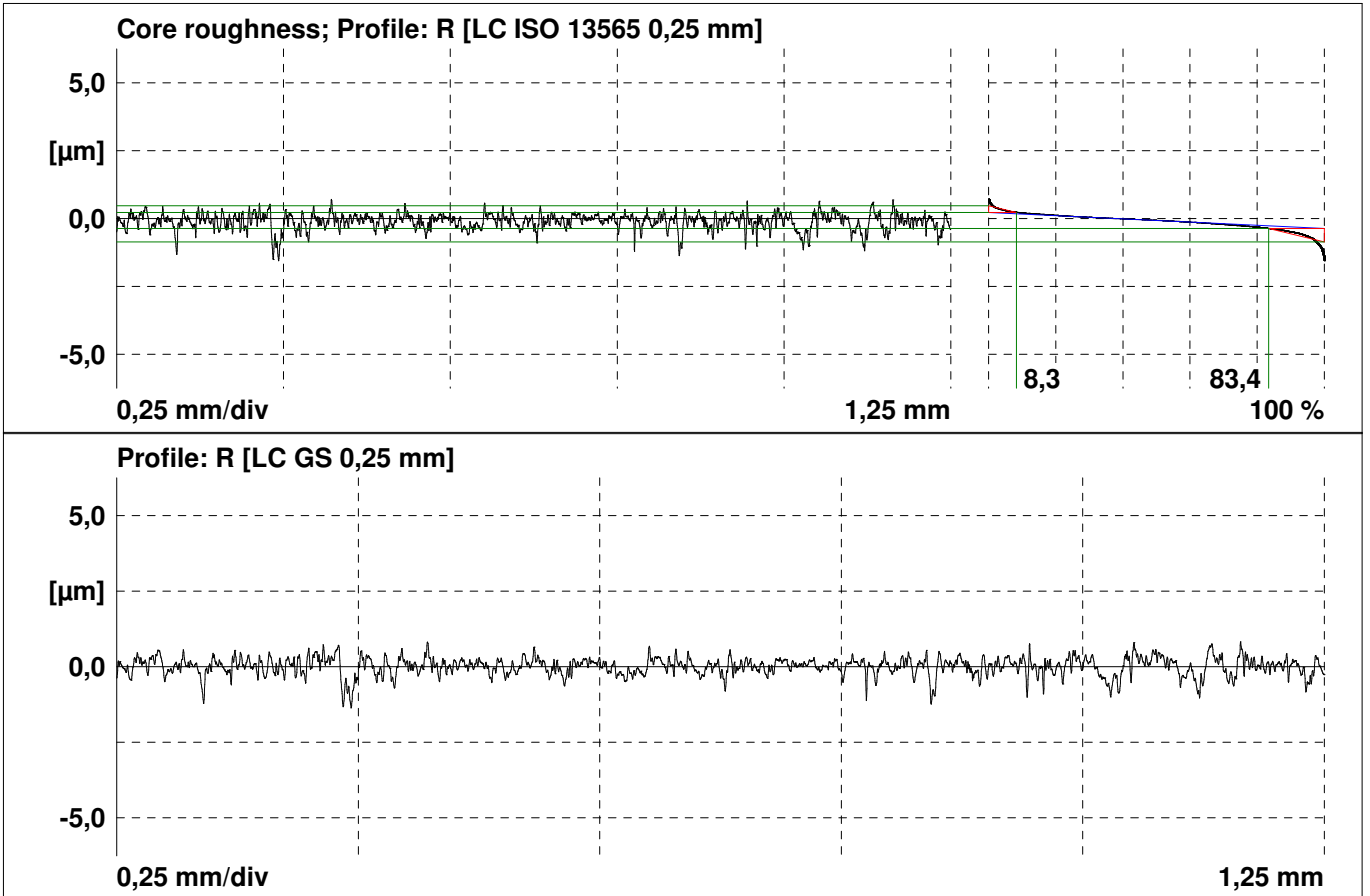
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 18:07



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,14	μm
Rmax	2,31	μm
Rz	1,60	μm
Rq	0,21	μm
Rp	0,61	μm
Rt	2,36	μm
R Pc (0,50;-0,50)	40	/cm
R HSC (0,50)	80	/cm
Rv	0,99	μm
Wt	0,29	μm
Wa	0,04	μm
Pt	3,91	μm
Pa	0,18	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

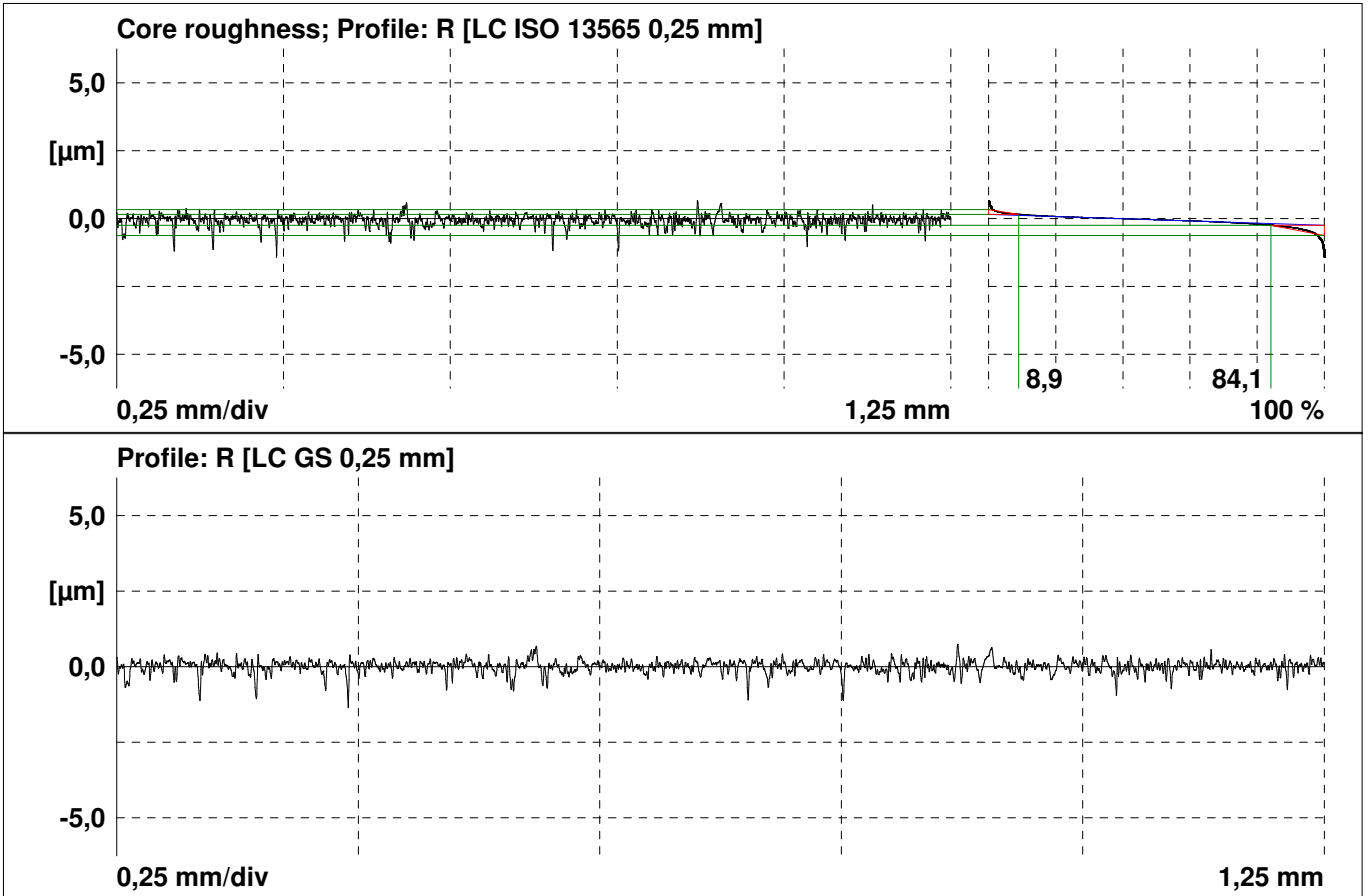
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 18:21



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,22	µm
Rmax	2,10	µm
Rz	1,79	µm
Rq	0,30	µm
Rp	0,76	µm
Rt	2,19	µm
R Pc (0,50;-0,50)	128	/cm
R HSC (0,50)	208	/cm
Rv	1,03	µm
Wt	0,71	µm
Wa	0,16	µm
Pt	12,18	µm
Pa	0,40	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

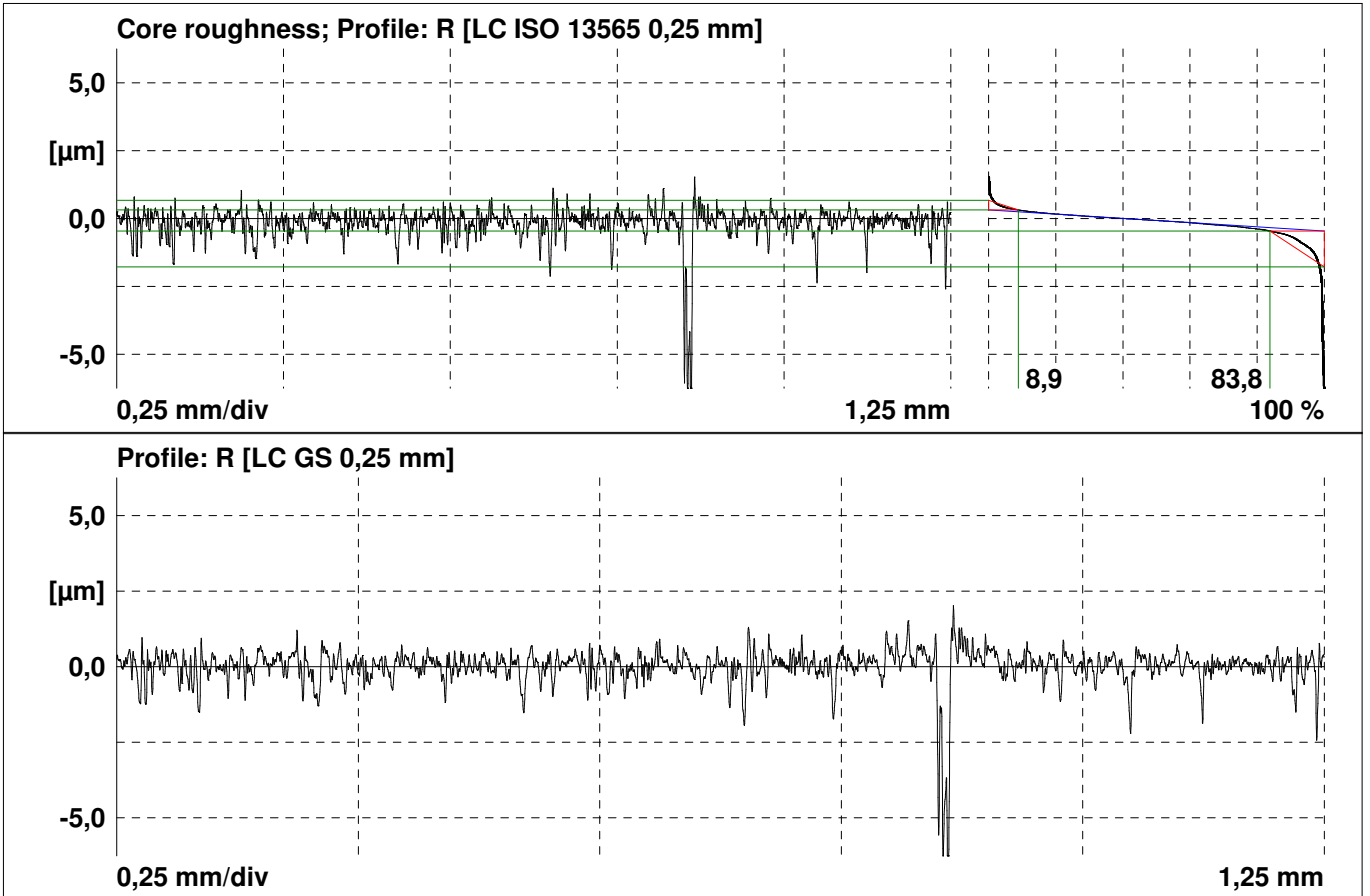
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 18:31



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,15	µm
Rmax	1,86	µm
Rz	1,64	µm
Rq	0,21	µm
Rp	0,57	µm
Rt	2,10	µm
R Pc (0,50;-0,50)	32	/cm
R HSC (0,50)	48	/cm
Rv	1,07	µm
Wt	0,48	µm
Wa	0,12	µm
Pt	18,25	µm
Pa	0,27	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

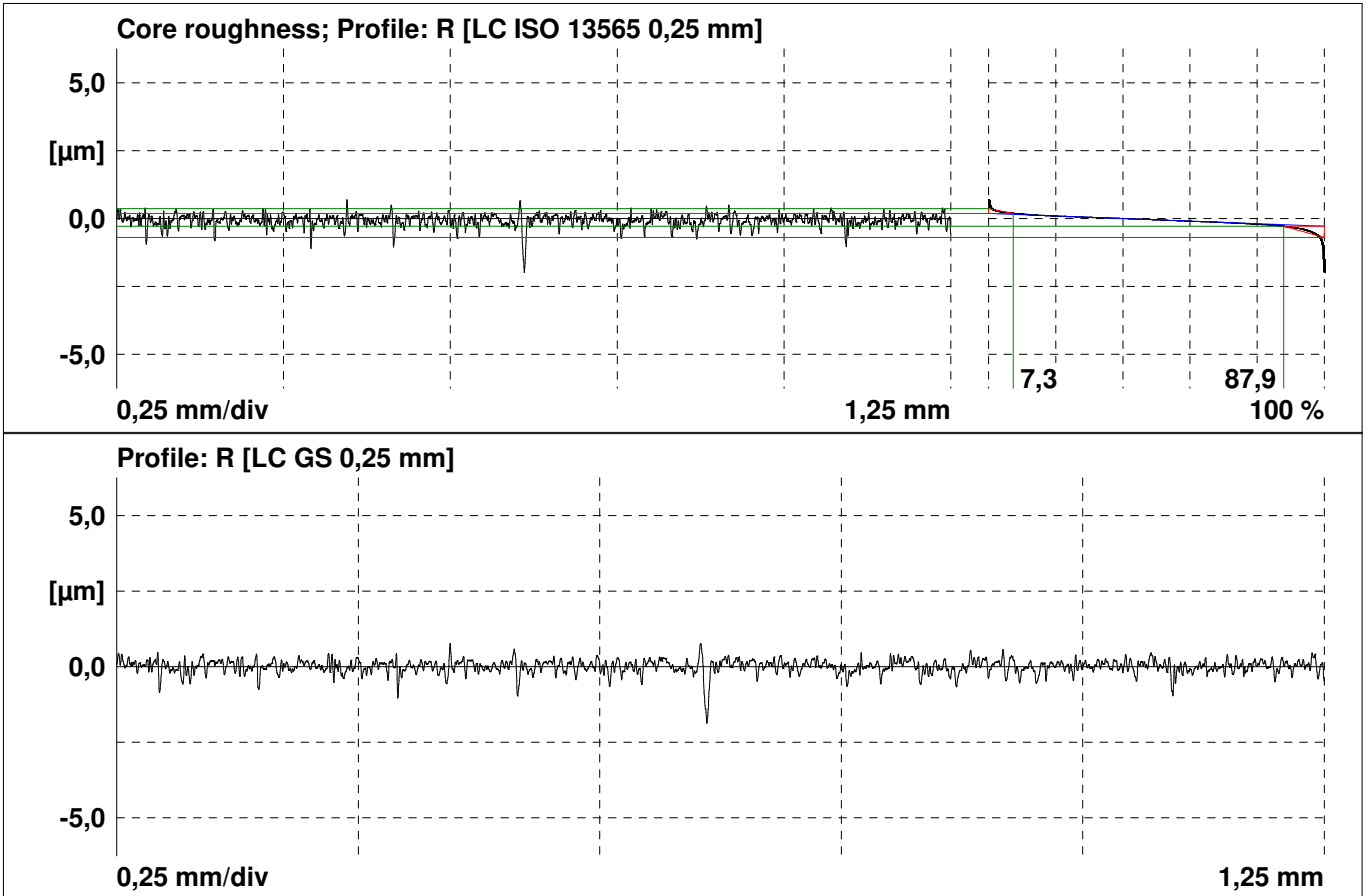
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 18:37



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,36	μm
Rmax	9,34	μm
Rz	4,16	μm
Rq	0,64	μm
Rp	1,22	μm
Rt	9,34	μm
R Pc (0,50;-0,50)	272	/cm
R HSC (0,50)	632	/cm
Rv	2,95	μm
Wt	0,50	μm
Wa	0,12	μm
Pt	9,34	μm
Pa	0,39	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 22.06.2010, 18:50



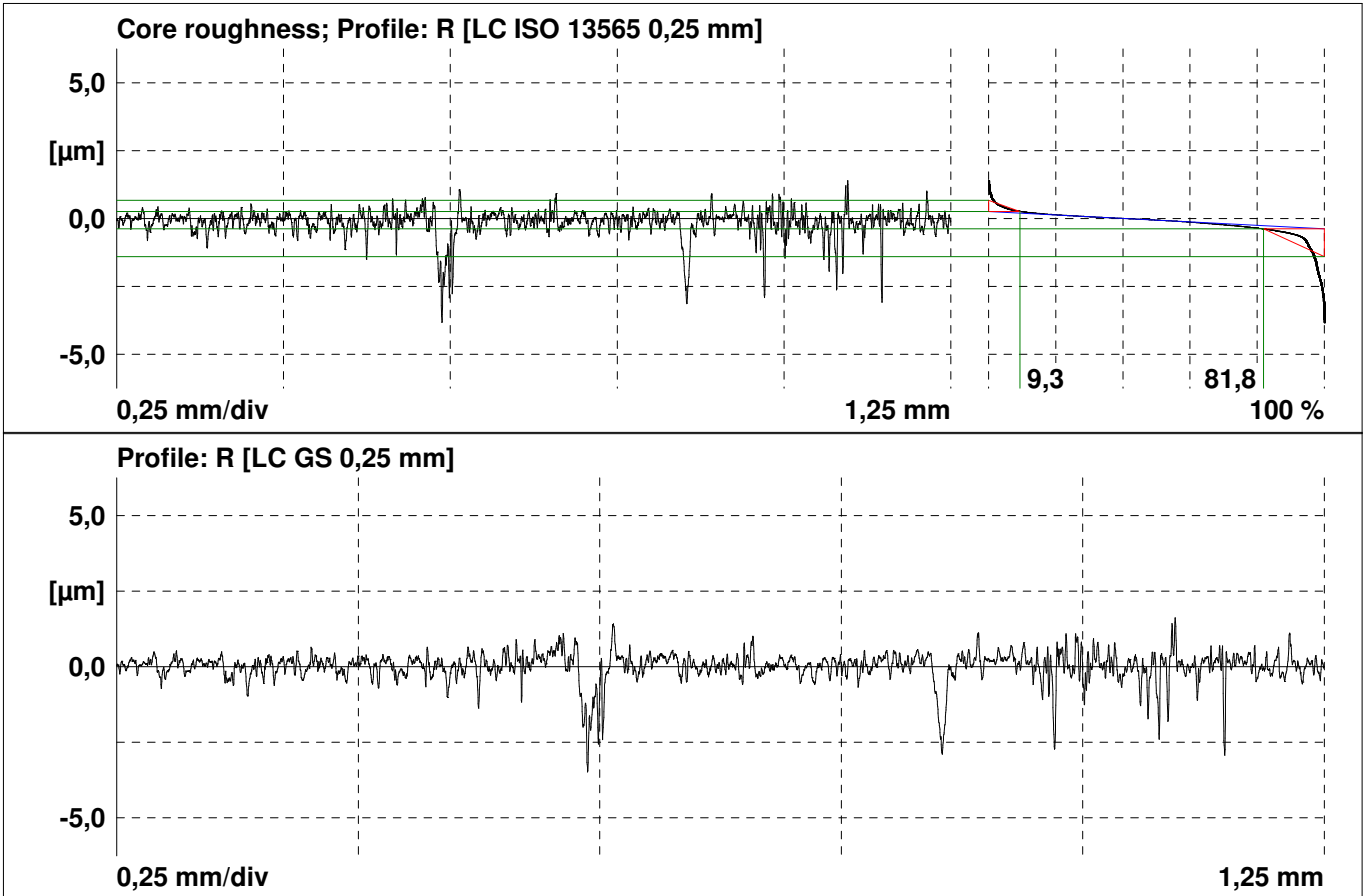
LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,16	µm
Rmax	2,63	µm
Rz	1,69	µm
Rq	0,22	µm
Rp	0,61	µm
Rt	2,64	µm
R Pc (0,50;-0,50)	24	/cm
R HSC (0,50)	40	/cm
Rv	1,08	µm
Wt	0,49	µm
Wa	0,11	µm
Pt	3,13	µm
Pa	0,27	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

Anexo 2

Análise da rugosidade do grupo FC e
FI pós imersão em bebidas ácidas

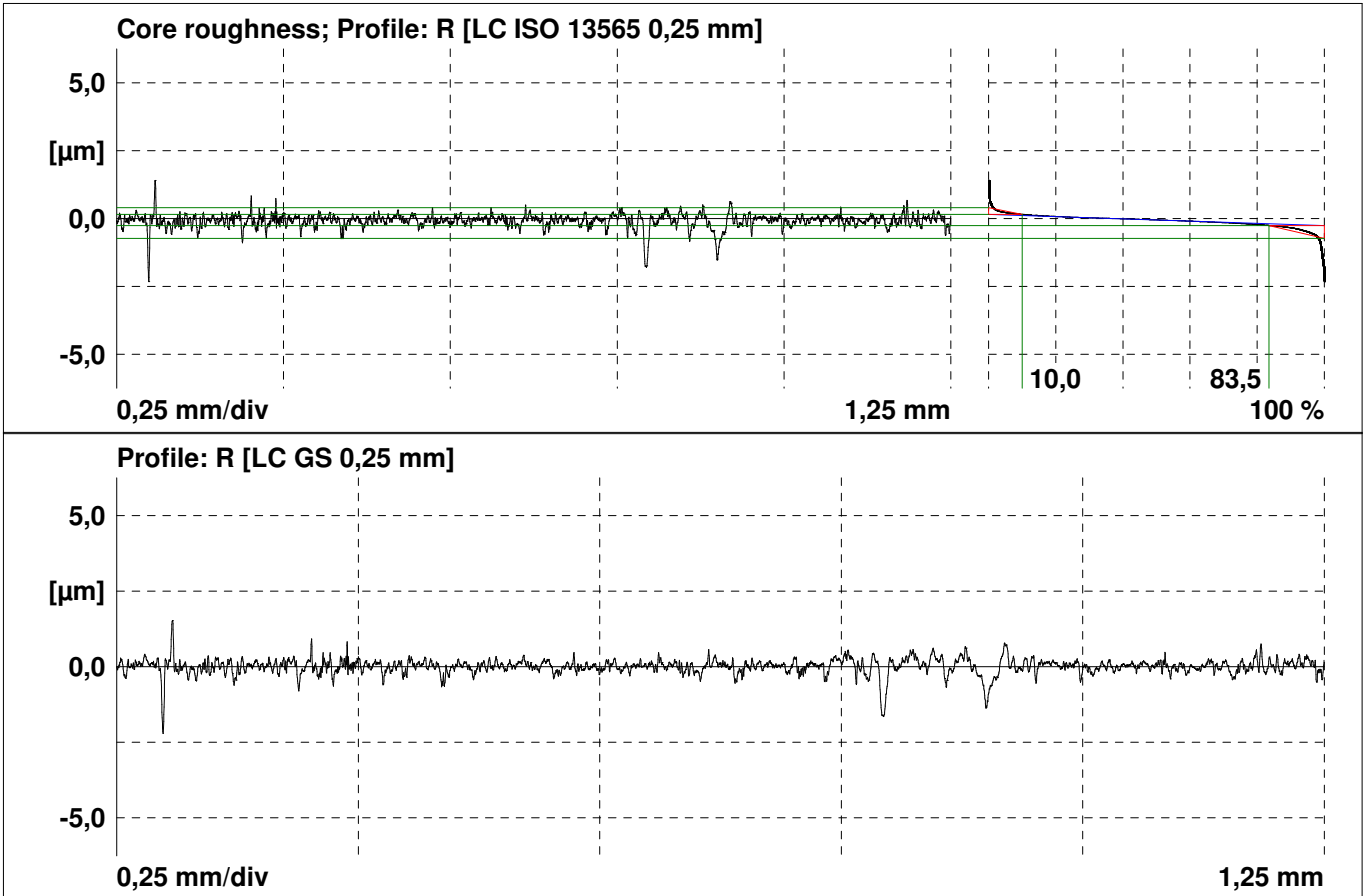
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 17:39



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,31	µm
Rmax	4,58	µm
Rz	3,72	µm
Rq	0,49	µm
Rp	1,18	µm
Rt	5,09	µm
R Pc (0,50;-0,50)	168	/cm
R HSC (0,50)	480	/cm
Rv	2,54	µm
Wt	0,88	µm
Wa	0,20	µm
Pt	5,07	µm
Pa	0,47	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

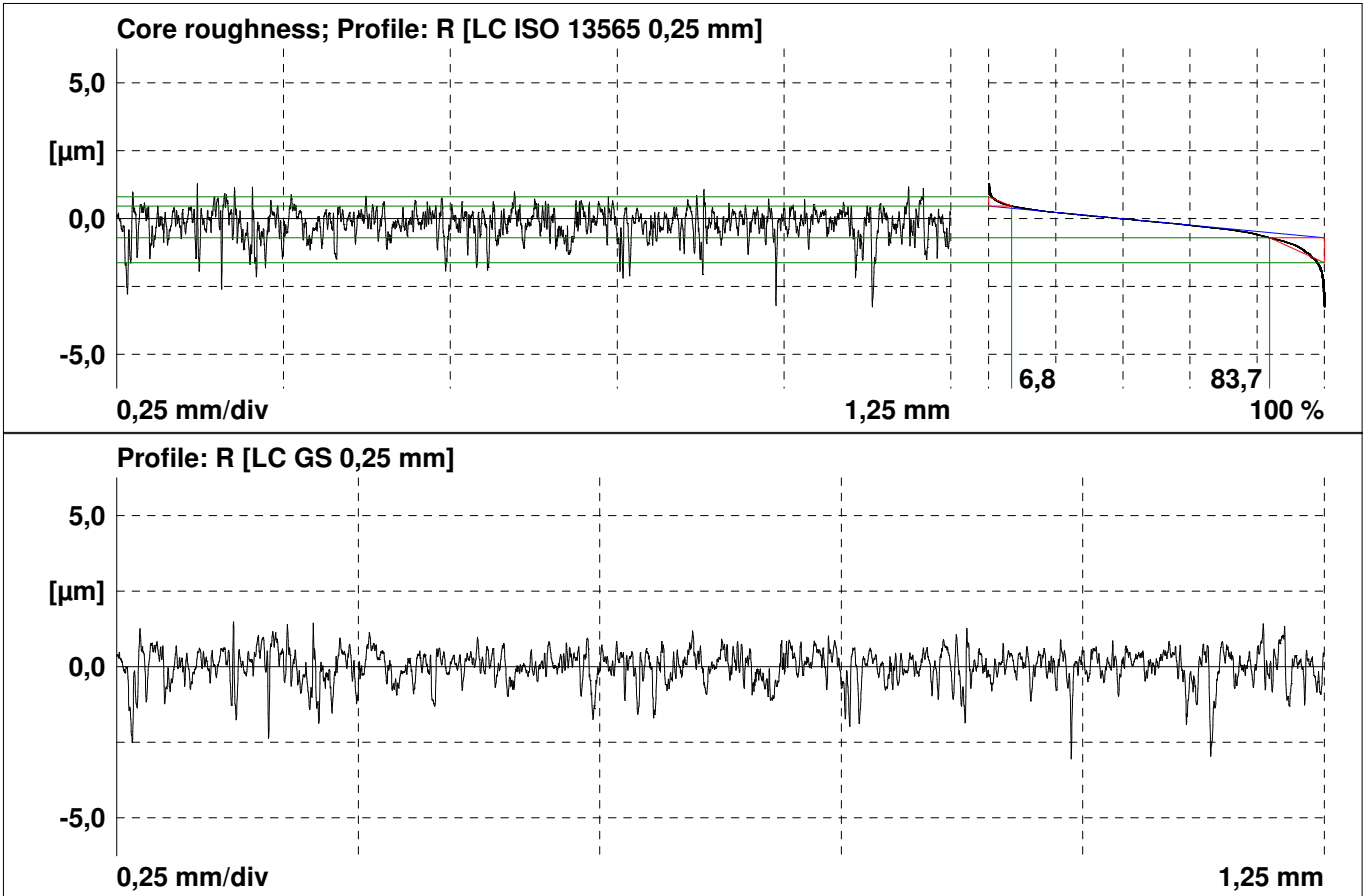
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 15:49



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,17	μm
Rmax	3,73	μm
Rz	1,93	μm
Rq	0,26	μm
Rp	0,81	μm
Rt	3,73	μm
R Pc (0,50;-0,50)	72	/cm
R HSC (0,50)	104	/cm
Rv	1,12	μm
Wt	0,26	μm
Wa	0,06	μm
Pt	3,73	μm
Pa	0,22	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

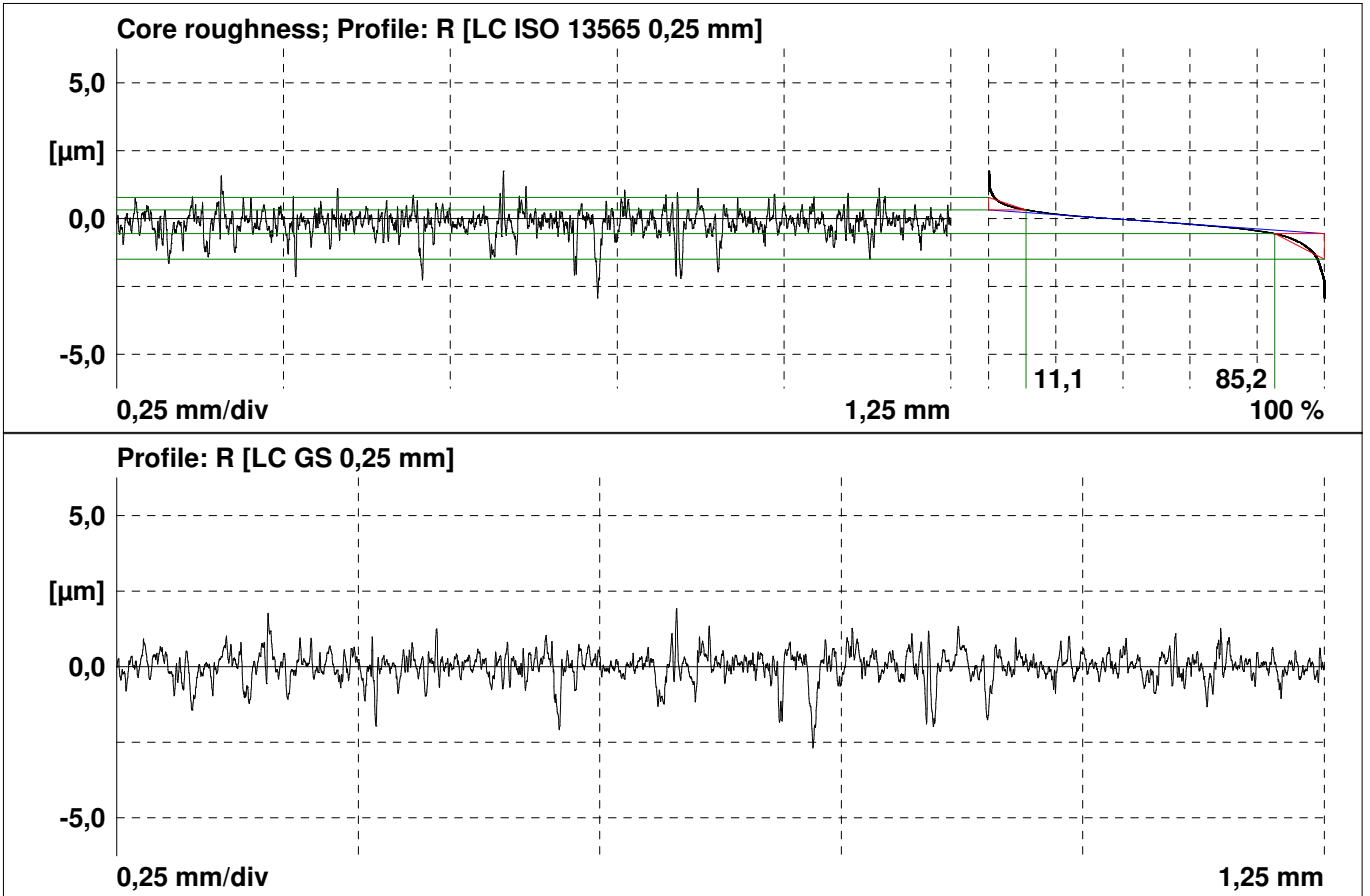
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 18:25



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,42	µm
Rmax	4,38	µm
Rz	3,69	µm
Rq	0,55	µm
Rp	1,30	µm
Rt	4,53	µm
R Pc (0,50;-0,50)	376	/cm
R HSC (0,50)	904	/cm
Rv	2,39	µm
Wt	0,37	µm
Wa	0,07	µm
Pt	5,28	µm
Pa	0,44	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

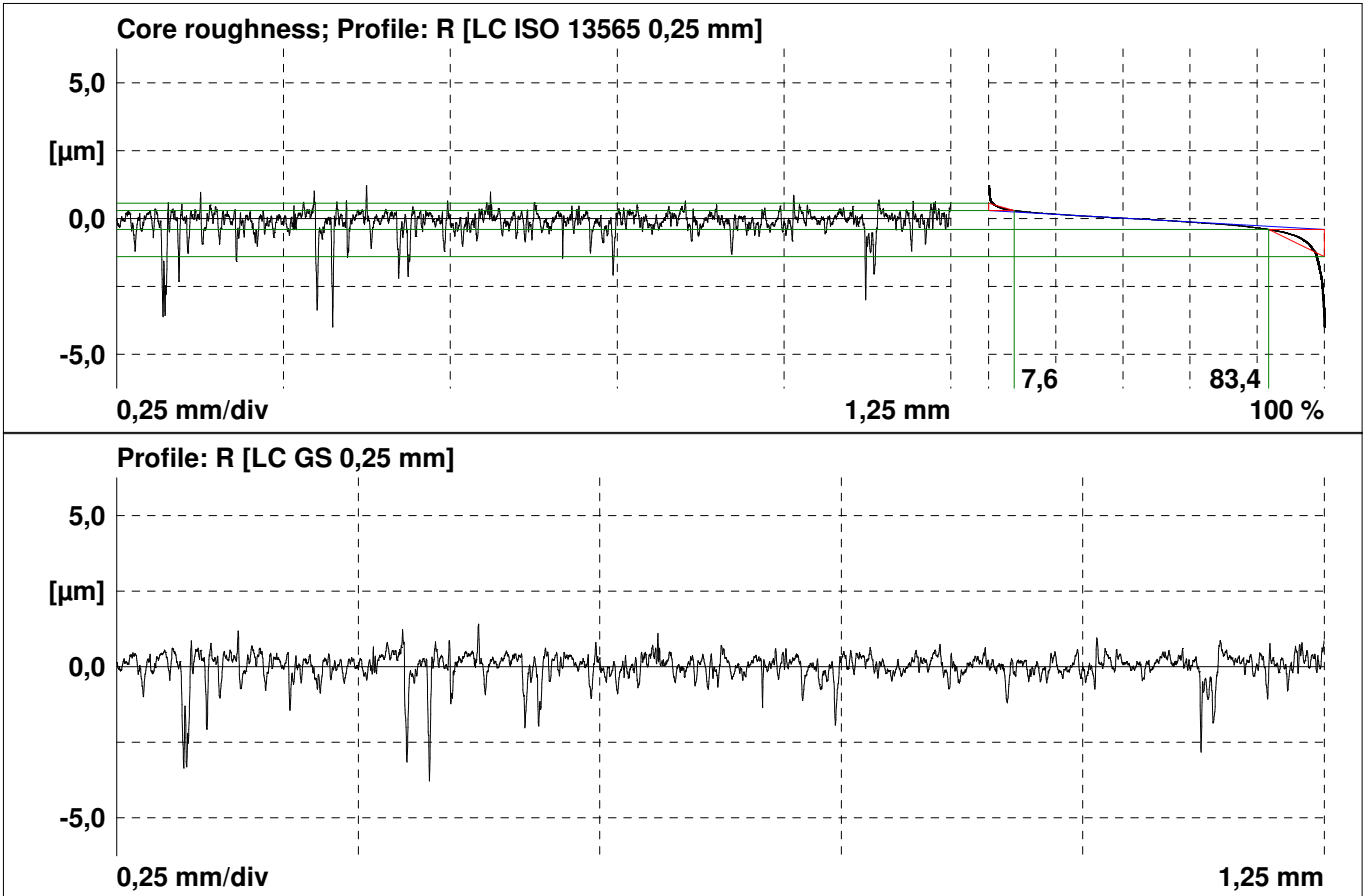
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 18:31



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,35	µm
Rmax	4,60	µm
Rz	3,41	µm
Rq	0,49	µm
Rp	1,51	µm
Rt	4,60	µm
R Pc (0,50;-0,50)	264	/cm
R HSC (0,50)	592	/cm
Rv	1,90	µm
Wt	0,89	µm
Wa	0,19	µm
Pt	5,42	µm
Pa	0,56	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

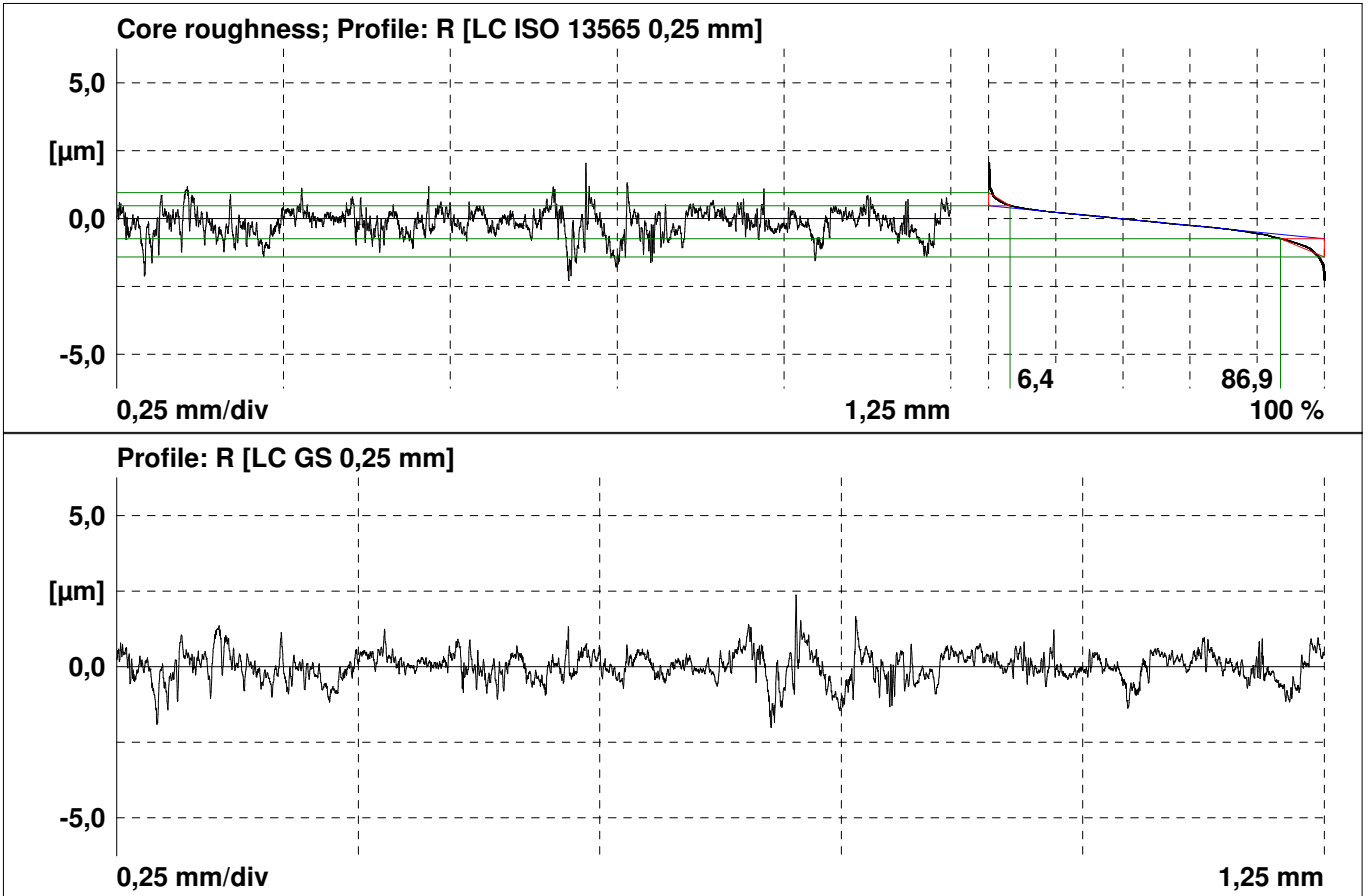
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 18:39



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,31	μm
Rmax	5,18	μm
Rz	3,70	μm
Rq	0,47	μm
Rp	1,08	μm
Rt	5,18	μm
R Pc (0,50;-0,50)	168	/cm
R HSC (0,50)	456	/cm
Rv	2,62	μm
Wt	1,61	μm
Wa	0,29	μm
Pt	11,04	μm
Pa	0,78	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

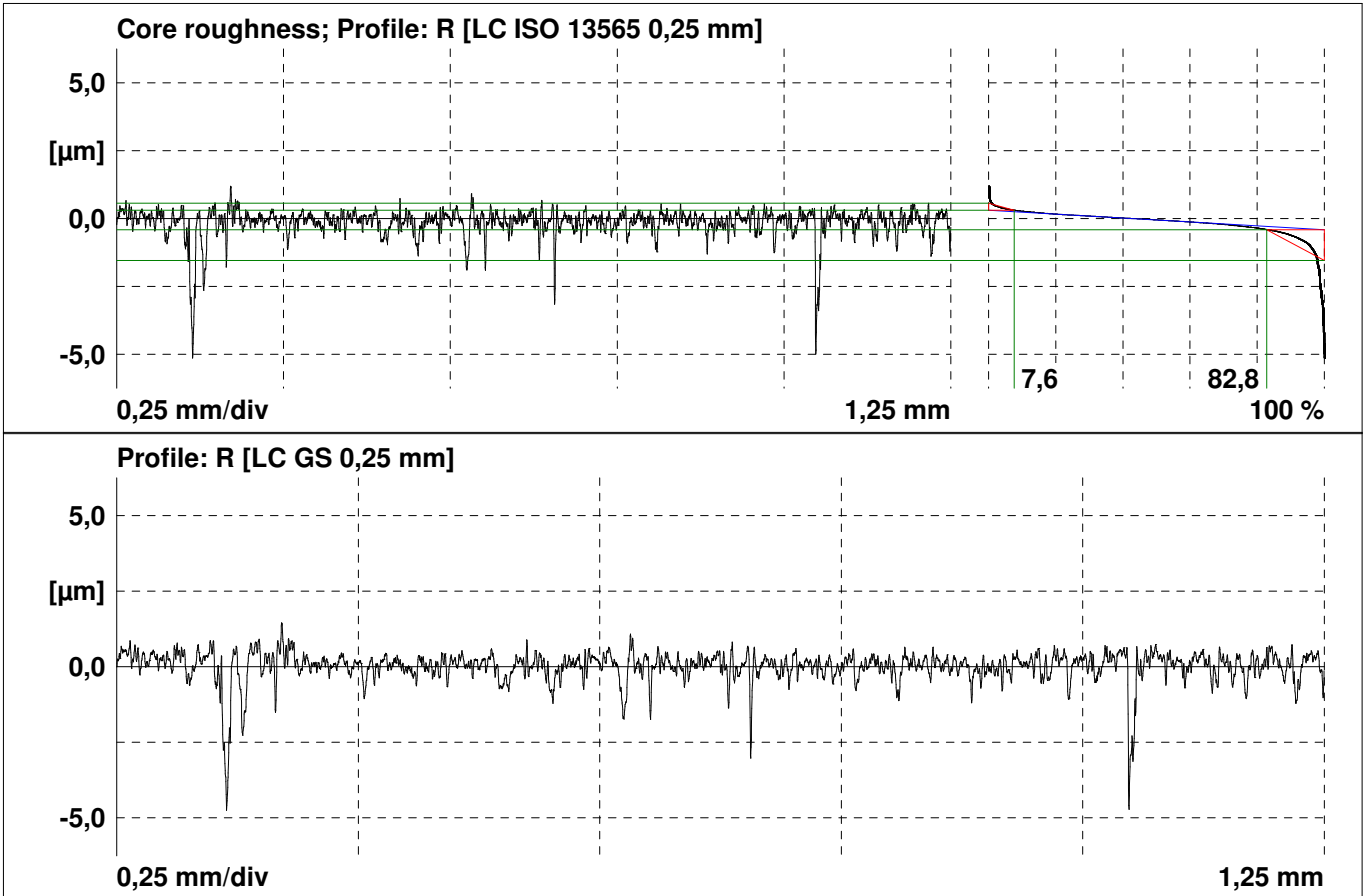
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 18:46



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,37	µm
Rmax	4,39	µm
Rz	3,08	µm
Rq	0,48	µm
Rp	1,53	µm
Rt	4,39	µm
R Pc (0,50;-0,50)	160	/cm
R HSC (0,50)	720	/cm
Rv	1,54	µm
Wt	1,60	µm
Wa	0,38	µm
Pt	7,35	µm
Pa	0,85	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

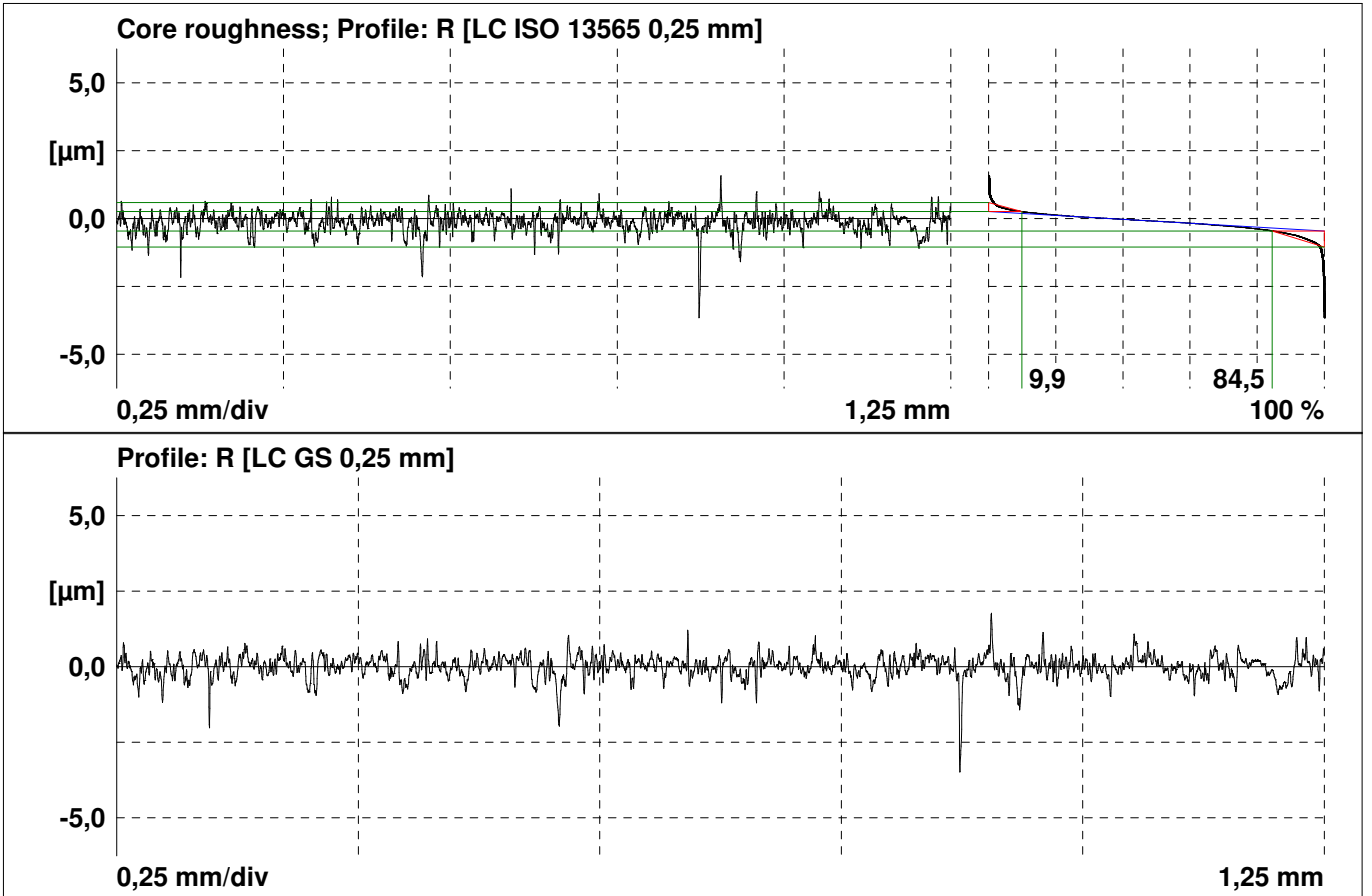
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 01.07.2010, 19:02



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,33	µm
Rmax	6,20	µm
Rz	3,95	µm
Rq	0,53	µm
Rp	0,97	µm
Rt	6,20	µm
R Pc (0,50;-0,50)	224	/cm
R HSC (0,50)	568	/cm
Rv	2,98	µm
Wt	0,61	µm
Wa	0,13	µm
Pt	8,82	µm
Pa	0,38	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

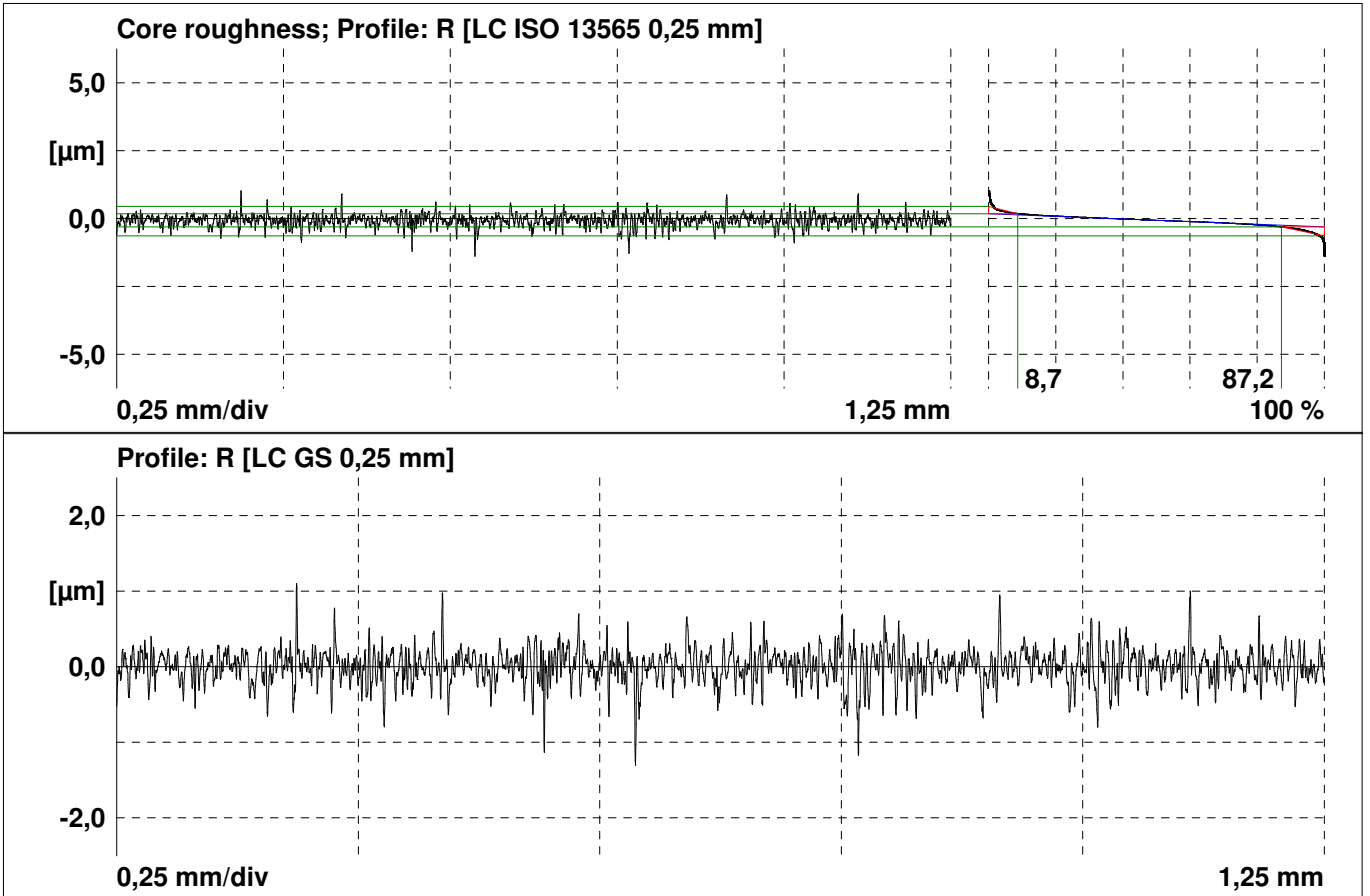
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 15:19



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,27	µm
Rmax	5,25	µm
Rz	3,11	µm
Rq	0,37	µm
Rp	1,18	µm
Rt	5,25	µm
R Pc (0,50;-0,50)	216	/cm
R HSC (0,50)	480	/cm
Rv	1,93	µm
Wt	1,05	µm
Wa	0,21	µm
Pt	5,29	µm
Pa	0,54	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

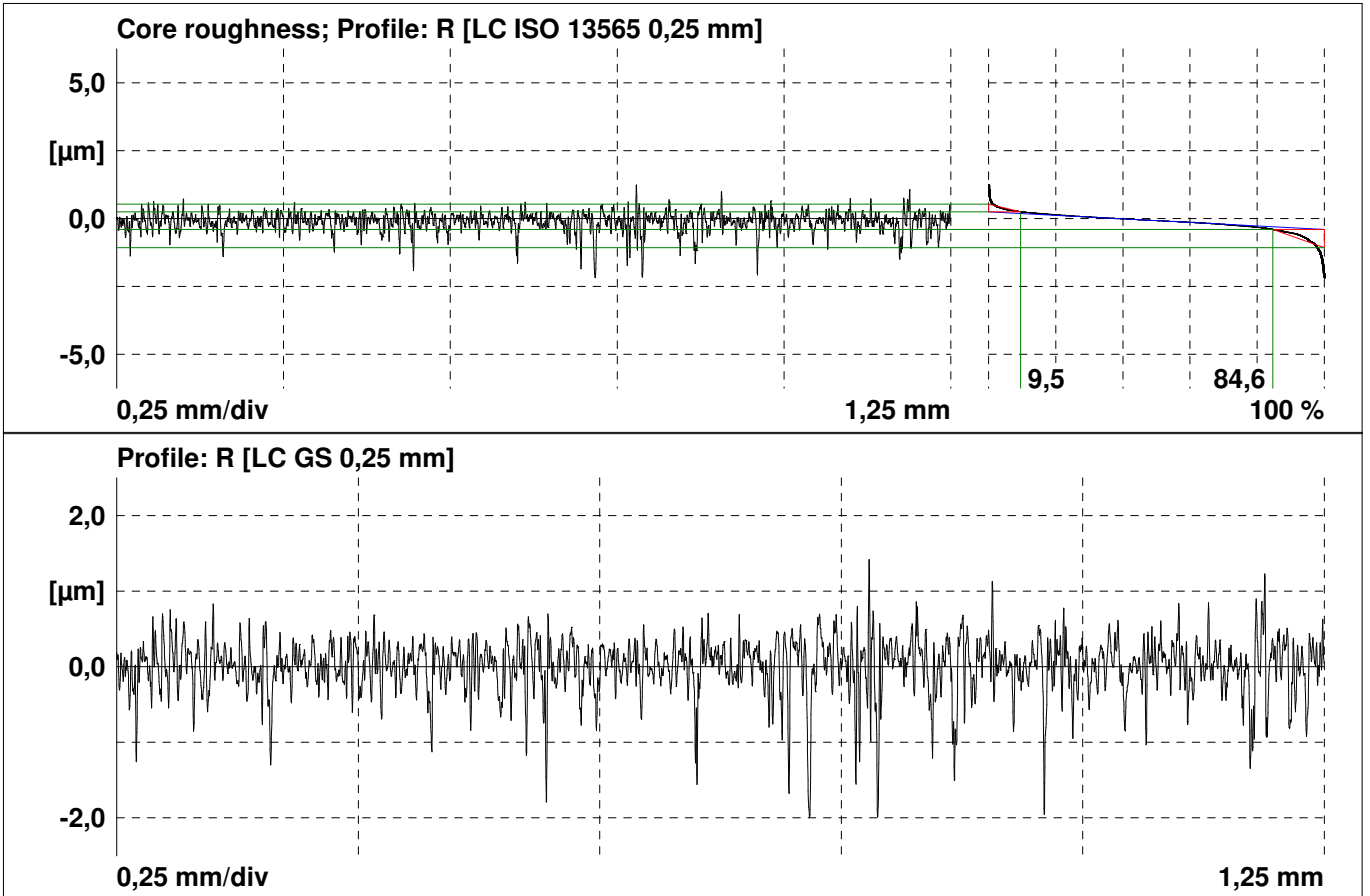
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 16:06



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,17	µm
Rmax	2,12	µm
Rz	1,95	µm
Rq	0,22	µm
Rp	0,94	µm
Rt	2,40	µm
R Pc (0,50;-0,50)	120	/cm
R HSC (0,50)	160	/cm
Rv	1,01	µm
Wt	0,92	µm
Wa	0,19	µm
Pt	4,01	µm
Pa	0,48	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

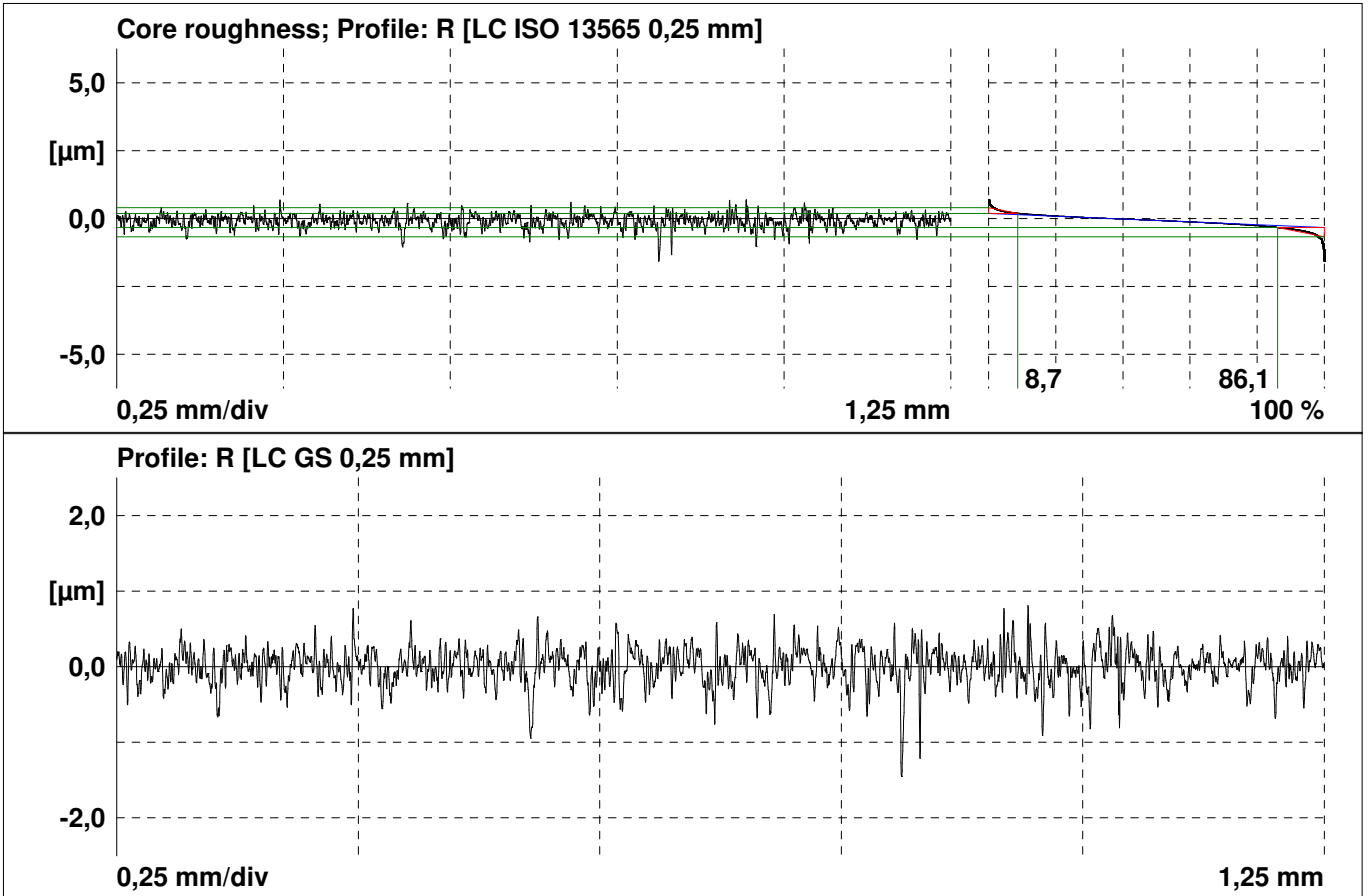
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 16:14



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,25	µm
Rmax	3,40	µm
Rz	2,66	µm
Rq	0,36	µm
Rp	0,98	µm
Rt	3,42	µm
R Pc (0,50;-0,50)	248	/cm
R HSC (0,50)	432	/cm
Rv	1,68	µm
Wt	0,47	µm
Wa	0,09	µm
Pt	3,77	µm
Pa	0,34	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

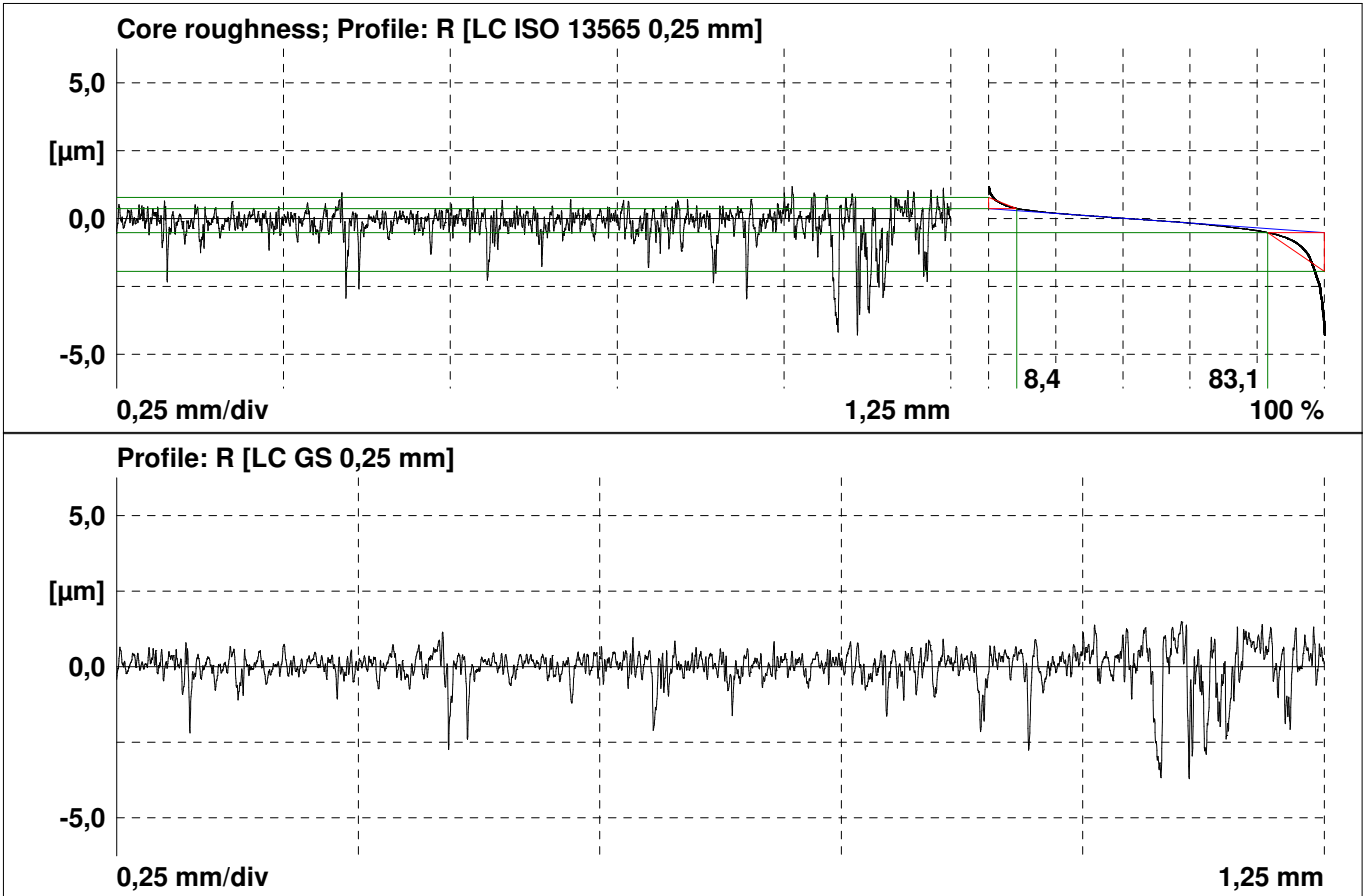
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 16:24



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,18	µm
Rmax	2,26	µm
Rz	1,65	µm
Rq	0,24	µm
Rp	0,72	µm
Rt	2,26	µm
R Pc (0,50;-0,50)	96	/cm
R HSC (0,50)	168	/cm
Rv	0,93	µm
Wt	0,22	µm
Wa	0,04	µm
Pt	3,52	µm
Pa	0,20	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

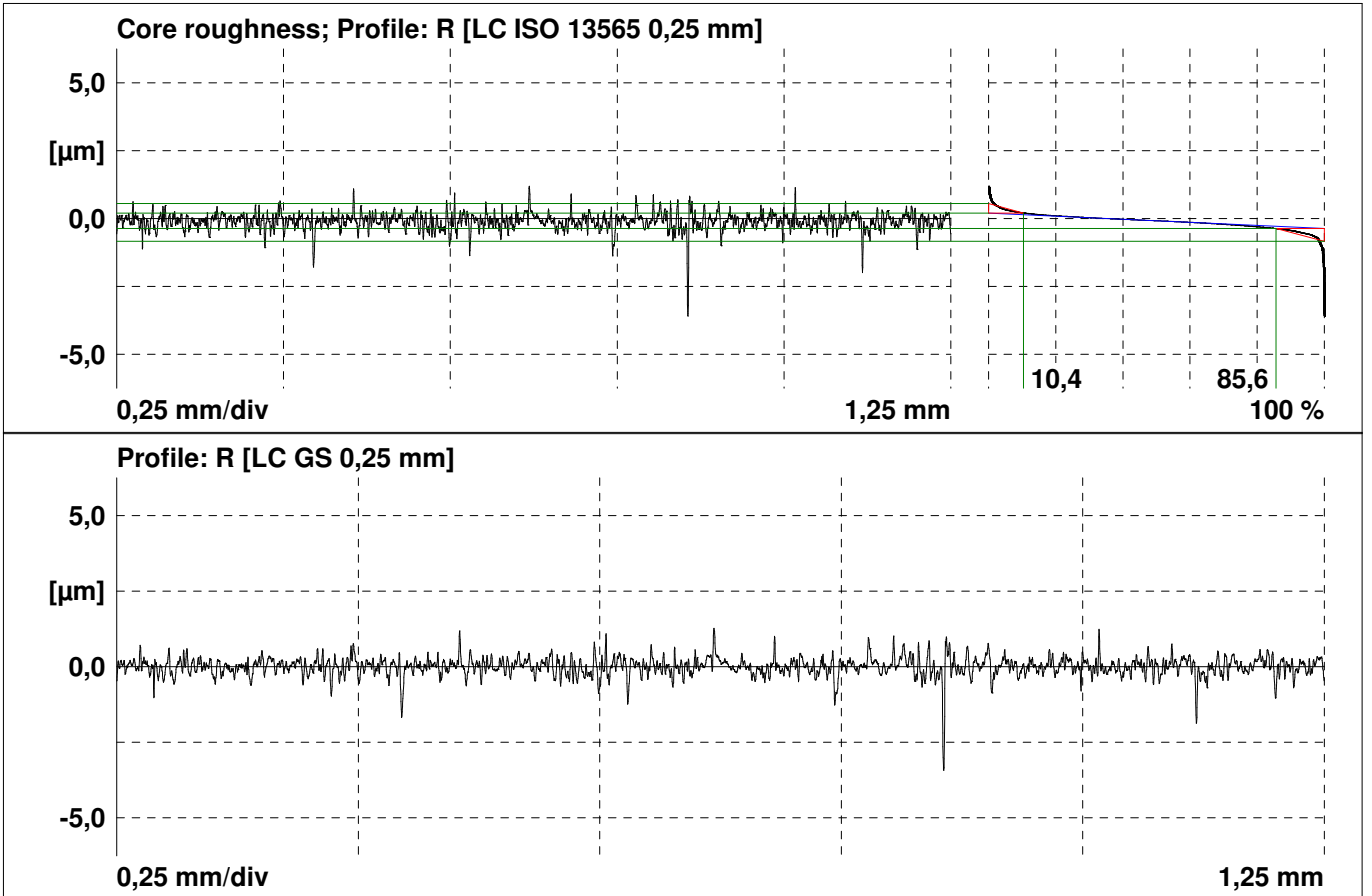
Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 16:33



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,40	μm
Rmax	5,19	μm
Rz	3,76	μm
Rq	0,60	μm
Rp	1,06	μm
Rt	5,19	μm
R Pc (0,50;-0,50)	280	/cm
R HSC (0,50)	696	/cm
Rv	2,70	μm
Wt	1,08	μm
Wa	0,19	μm
Pt	9,63	μm
Pa	0,57	μm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	$\pm 25,0$	μm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

Mahr GmbH Göttingen Postfach 1853 D-37008 Göttingen	<h2 style="margin: 0;">Perthometer Concept</h2>	Anwendungstechnik Oberflächenmesstechnik
Object: OBJECT Number: NUMBER	Remark: Pick-up: Focodyn	Inspector: NO NAME Date, time: 02.07.2010, 16:37



LC-R (GS)	0,25	mm
Ra	0,21	µm
Rmax	4,45	µm
Rz	2,95	µm
Rq	0,31	µm
Rp	1,09	µm
Rt	4,70	µm
R Pc (0,50;-0,50)	176	/cm
R HSC (0,50)	312	/cm
Rv	1,86	µm
Wt	0,34	µm
Wa	0,08	µm
Pt	6,30	µm
Pa	0,25	µm

LC (GS)	0,25	mm
LT	1,75	mm
LM	1,25	mm
Z	5	
VB	±25,0	µm
NX	8064	
VT	0,10	mm/!

