



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

**AVALIAÇÃO “IN VITRO” DE ENSAIOS INSTRUMENTADOS DE DUREZA
EM ESMALTE DE DENTE BOVINO, ANTES E APÓS CLAREAMENTO
DENTAL A LASER**

FRANCISCO MEIRA BRITTO JR.

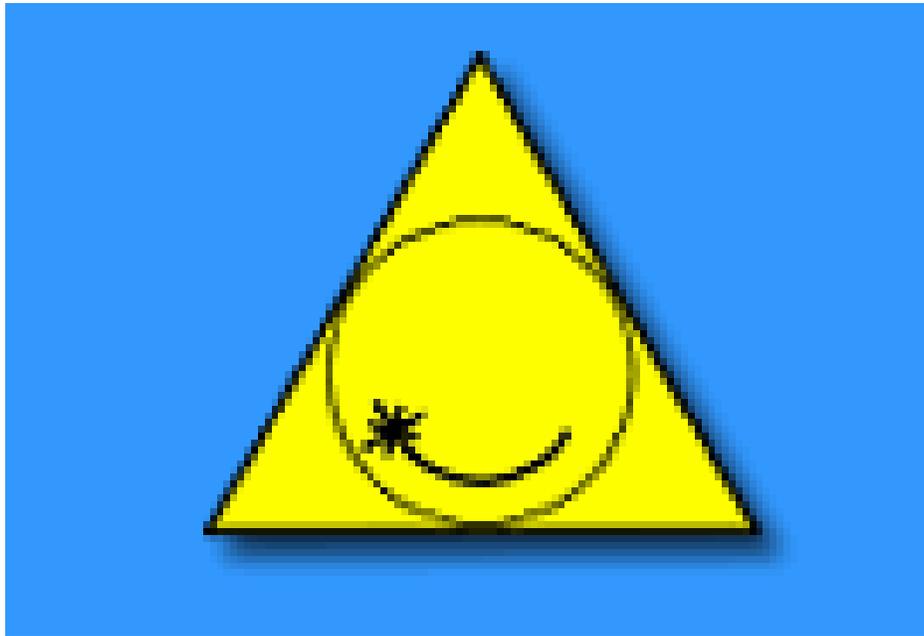
Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre Profissional em
Lasers em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Wagner De Rossi
Co-Orientador: Prof. Dr. José Eduardo P. Pelino

SÃO PAULO

2004





MESTRADO PROFISSIONALIZANTE *LASERS* EM ODONTOLOGIA

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**AVALIAÇÃO “IN VITRO” DE ENSAIOS INSTRUMENTADOS DE DUREZA
EM ESMALTE DE DENTE BOVINO, ANTES E APÓS CLAREAMENTO
DENTAL A LASER**

FRANCISCO MEIRA BRITTO JR.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre Profissional em
Lasers em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Wagner De Rossi
Co-Orientador: Prof. Dr. José Eduardo P. Pelino

SÃO PAULO

2004

DEDICATÓRIA

À minha filha **Laura**, à **minha família e a Deus**, que está sempre comigo em todos os momentos.

Aos meus pais **Francisco e Marilúzia**, cujo exemplo de vida me ajudaram a trilhar um caminho de honestidade, trabalho, coragem e perseverança.

Aos meus irmãos **Osório e Camille**, pela amizade e união.

À minha esposa **Cynthia**, que esteve sempre presente com muito amor, carinho e compreensão até a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao **Prof. Dr. Wagner de Rossi**, pela valiosa orientação na elaboração desta pesquisa para a realização deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. José Eduardo P. Pelino** pela Co- orientação.

Ao **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)**, ao corpo docente, aos monitores e colegas da Turma IV.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP)**, ao corpo docente e aos funcionários.

Ao **LELO** (Centro de Pesquisa, Ensino e Clínica de Laser em Odontologia) e aos funcionários.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Laboratório de Fenômenos de Superfície (LFS), na pessoa do **Prof. Dr. Roberto Martins de Souza**, pelo apoio na parte experimental desta pesquisa.

Ao **Jovânio Oliveira**, pela colaboração na parte experimental.

Ao **Nildemar e Celso** do Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM – IPEN), pela ajuda na Microscopia Eletrônica de Varredura.

**AVALIAÇÃO “IN VITRO” DE ENSAIOS INSTRUMENTADOS DE DUREZA EM
ESMALTE DE DENTE BOVINO, ANTES E APÓS CLAREAMENTO DENTAL A
LASER**

Francisco Meira Britto Jr.

RESUMO

O Clareamento Dental ativado pelo *Laser* é um procedimento que tem sido utilizado devido aos seus resultados estéticos satisfatórios. Um aspecto importante a ser considerado são as possíveis alterações na estrutura dental causadas pela técnica de clareamento. Neste trabalho foram analisadas possíveis alterações da microdureza superficial do esmalte através de ensaios instrumentados de dureza em amostras de dente bovino. As amostras foram divididas em dois lados, um lado controle e outro irradiado com um *laser* de Diodo, ZAP, 808nm (Grupo I) ou com um *laser* de Nd:YAG, 1064nm (Grupo II) para ativar o gel clareador Whiteness HP (Peróxido de Hidrogênio a 35%). Após a análise dos dados, pode-se concluir que houve um aumento estatisticamente significativo da microdureza superficial do esmalte em duas amostras, ou seja, na amostra 1 do Grupo I, e amostra 1 do Grupo II, apesar deste aumento parecer não indicar uma preocupação quanto à modificação na resistência da superfície do esmalte. Nas demais, não houve modificação estatisticamente significativa na dureza do esmalte. Pode-se concluir também que não houve modificação morfológica da superfície do esmalte após o tratamento.

**"IN VITRO" ASSESMENT TO INSTRUMENTED INDENTATION HARDNESS
TESTS IN ENAMEL OF BOVINE TEETH, BEFORE AND AFTER DENTAL
BLEACHING BY *LASER***

Francisco Meira Britto Jr.

ABSTRACT

The laser enamel bleaching is a common used procedure due to its satisfactory esthetic results. The possible changes on the dental structures caused by the bleaching technique are of great importance. The enamel superficial microhardness changes through instrumented indentation hardness on bovine teeth were analyzed in this present study. The samples were divided in two halves, one being the control and the other irradiated with a diode laser (808 nm) or with a Nd:YAG laser (1064 nm) to activate the Whiteness HP bleaching gel (hydrogen peroxide at 35%). It was possible to conclude that there was a statistical significant increase on the enamel superficial microhardness (Group I, sample 1 and Group II, sample 1) despite this increase did not seem to indicate a concern regarding the enamel surface resistance change. There was not a significant statistical change on the enamel microhardness on the other samples. The final conclusion is that there was no superficial enamel morphological change after these treatments.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1	Dureza dos materiais	10
3.2	Módulo de elasticidade	11
4	MATERIAIS E MÉTODOS	12
4.1	Materiais e equipamentos utilizados	12
4.2	Preparo das amostras	13
4.3	Divisão dos grupos	14
4.4	Técnica utilizada	14
4.5	Ensaio instrumentado de dureza	16
4.6	Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	17
5	RESULTADOS	19
6	DISCUSSÃO	28
7	CONCLUSÕES	30
	APÊNDICE A – Análise estatística dos dados	31
	APÊNDICE B – Gráficos das impressões geradas pelos ensaios instrumentados de dureza	33
	APÊNDICE C – Micrografias Eletrônicas de Varredura das amostras	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Devido aos padrões estéticos atuais, de dentes mais brancos, vem crescendo a procura por tratamentos clareadores pelos pacientes que buscam um sorriso mais belo, influenciados tanto pela mídia, quanto por grupos sociais, onde dentes brancos significam o cartão de apresentação de uma pessoa.

Com o intuito de recompor a cor natural dos dentes manchados, os cirurgiões - dentistas tem oferecido um amplo espectro de tratamentos, que vão desde a cobertura total dos dentes, com resinas ou laminados de porcelana, até tratamentos não invasivos como as técnicas de clareamento dental. O clareamento dental é uma técnica que vem sendo muito utilizada, pois conserva a estrutura dentária, tem o custo relativamente baixo e produz resultados satisfatórios.

Juntamente com essa procura, há também a preocupação tanto dos profissionais, quanto dos pacientes, em relação aos efeitos indesejáveis sobre a estrutura dentária dos agentes clareadores, (seus diferentes tipos e concentrações), e também dos seus ativadores (no caso dos ativados por luz). Com isso, associa-se um crescente interesse dos profissionais em enriquecer e atualizar seus conhecimentos, a fim de não se transformarem em meros intermediários de produtos existentes no mercado. São questionados quanto a segurança dos agentes clareadores em relação ao enfraquecimento da estrutura dental, a longevidade do tratamento e seus efeitos tóxicos ao entrar em contato com os tecidos bucais.

Este trabalho, realizado *in vitro*, visa esclarecer clínicos e pesquisadores sobre os efeitos do clareamento a *laser* na microdureza superficial do esmalte dentário, tornando clinicamente viável a realização deste procedimento de forma segura em consultório, visto que foram utilizados parâmetros do *laser* já estudados, e com equipamentos comerciais.

“A dureza é certamente o fator mais importante na determinação do regime de desgaste” (Moore; King *apud* Pintaúde, 2002, p. 32). Logo, se a técnica de clareamento diminuir a dureza do esmalte dentário, o mesmo ficaria mais susceptível ao desgaste. Por outro lado, se a técnica de clareamento aumentar a dureza do esmalte, o mesmo ficaria mais susceptível a trincas e fraturas. Os ensaios instrumentados de dureza nos informam, se houve esta alteração física na superfície do esmalte dentário.

O paciente que será submetido ao clareamento dental, deve estar ciente de que o tratamento não é previsível quanto ao resultado do clareamento e nem definitivo, mas é previsível, quanto a alterações de dureza do esmalte.

É importante notar que todas as técnicas de clareamento dental, tais como: microabrasão, clareamento clínico usando géis de peróxido de hidrogênio de 20 a 37% auto-ativados, fotoativados (LED, lâmpada e laser) ou termoativados e o clareamento caseiro, tem sido técnicas bastante estudadas e com algumas controvérsias, pois todas podem ter um elemento de risco.

Rodrigues et al. (1998) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a microdureza do esmalte dental humano submetido ao clareamento com peróxido de carbamida a 10% em função do tempo. Concluiu-se com esse trabalho que alterações da microdureza do esmalte dental humano foram observadas em função do tempo e do gel clareador, mostrando a necessidade da correta seleção do material clareador.

Juntamente com a evolução das técnicas de clareamento dental ocorreu um grande avanço na área da Odontologia com a introdução dos *lasers*, utilizados também em técnicas de clareamento dental, sendo considerada a técnica mais nova de clareamento.

Este estudo foi realizado em dente bovino, pois como Meurman et al. (1990) e Kielbassa et al. (1997), realizaram seus trabalhos sobre microdureza em dentes bovinos.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo *in vitro*, foram estudar o comportamento da dureza da superfície de esmalte bovino, quando submetido a Ensaio Instrumentado de Dureza, antes e após clareamento com Peróxido de Hidrogênio a 35%, irradiado com o *laser* de Diodo de 808nm ou com *laser* de Nd:YAG 1064nm, pulsado. Também analisar e avaliar alterações morfológicas na superfície do esmalte, utilizando a microscopia eletrônica de varredura (MEV), para observar as impressões Vickers.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Devido ao aumento da procura em consultórios odontológicos por clareamento dental a *laser*, há também a preocupação sobre os efeitos destes clareamentos sobre a estrutura dental.

Vários estudos têm investigado estes efeitos, com os quais vem evoluindo a técnica:

Strassler (1992) afirmou que o peróxido de carbamida a 10% tem sido o agente clareador mais utilizado na técnica caseira e tem se destacado sobremaneira. Seus efeitos sobre a estrutura dental, principalmente no esmalte, embora estudados com muita frequência, não estão totalmente elucidados. Sabe-se que o peróxido de carbamida a 10% é utilizado há muito tempo como anti-séptico oral.

Baratieri et al. (1993) sugerem que o peróxido de hidrogênio parece ser, ainda hoje, o agente mais efetivo para clarear dentes. Ele pode ser utilizado em várias concentrações, mas é mais utilizado nas concentrações de 30 a 35%. A reação da solução baseia-se na liberação de óxidos, que irão penetrar no esmalte e nos túbulos dentinários e propiciar o clareamento. O mecanismo de ação para remover manchas associadas aos dentes pode ser diferente em cada tipo de mancha. O processo é, na verdade, mais do que um processo de oxidação que remove a mancha por liberação de oxigênio e ação mecânica de limpeza. O peróxido de hidrogênio a 30% apresenta um alto poder de penetração no esmalte e dentina devido ao seu baixo peso molecular e à sua propriedade de desnaturar proteínas, o que aumenta o movimento de íons através do dente (Cohen, 1970 *apud* Baratieri, 1993), facilitando a ação clareadora.

Vários estudos têm comprovado a ausência de efeitos prejudiciais sobre a superfície do esmalte. De acordo com Haywood e Heymann (1991), a ausência de danos perceptíveis no esmalte parece estar relacionada com o fato de: a) o pH da solução clareadora elevar-se rapidamente quando ela é exposta

aos fluidos bucais e estar relacionado com a uréia que se encontra presente; b) a desmineralização é inibida pela concentração de fluoretos no dente.

Tames et al. (1998), realizaram um estudo *in vitro* para investigar possíveis alterações que pudessem ocorrer na superfície do esmalte após a ação do agente clareador. Para este estudo foram utilizados oito terceiros molares inclusos com o objetivo de utilizar dentes que nunca foram expostos às alterações do meio bucal. O agente clareador utilizado foi Peróxido de Carbamida a 10% (Opalescence), por um período equivalente a quatro semanas, em um total de 28 períodos de 12 horas contínuas intercaladas por pausas de 20 minutos. Após análise no Microscópio Eletrônico de Varredura observaram-se nítidas alterações sem aspecto uniforme na superfície no esmalte e maior número de poros de diâmetro aumentados e embocaduras adotando forma afunilada. Realizaram ainda análises nas superfícies de fraturas transversais na área experimental, observando-se grande número de estruturas globulares distribuídas por toda a superfície, sugerindo um efeito erosivo do agente clareador. Estes autores discutem alguns trabalhos que não evidenciam tais alterações: Haywood et al. (1990) não observaram nenhum efeito do peróxido de carbamida 10% sobre a textura superficial e a permeabilidade do esmalte. Christensen (1991) argumentou que, quando usado adequadamente, o peróxido de carbamida não provoca alterações nem em tecidos dentais e gengivais, nem em materiais restauradores. Murchison et al. (1992), analisando a dureza e a adesividade do esmalte pré-tratado com peróxido de carbamida 10%, não encontraram qualquer alteração.

Rodrigues et al. (1998) realizaram um estudo *in vitro*, para avaliar a microdureza do esmalte dental humano, submetido ao clareamento com o peróxido de carbamida a 10% em função do tempo. Dois materiais clareadores foram analisados: Rembrant (Den-Mat Corporation) e Opalescence (Ultradent), aplicados diariamente sobre o esmalte por um período de oito horas, mantendo-os em saliva artificial por 16 horas. O grupo controle foi armazenado em saliva artificial. Ensaio de microdureza foram realizados antes e após 1, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias do início do clareamento. A análise dos resultados mostrou diferenças significativas de dureza do sétimo ao quadragésimo segundo dia. Concluiu-se com esse trabalho, que alterações da microdureza do esmalte dental humano submetido ao clareamento com peróxido de carbamida a 10% foram

observadas em função do tempo, mostrando a correlação com a escolha do correto material clareador.

Freedman e Reyto (1997) relataram, baseados em estudos universitários indicando dois resultados promissores. O primeiro indica que a microdureza Vickers do esmalte fica inalterada após 120 minutos de contínuo clareamento a laser. O segundo avalia a superfície morfológica do esmalte dental humano seguido de clareamento a laser, e que nenhuma diferença significativa na superfície do esmalte foi encontrada após 120 minutos de contínuo clareamento a laser. A segurança dos ingredientes ativos no clareamento dental tem sido suportada por mais de 700 artigos desde 1945.

McCracken e Haywood (1996) realizaram um estudo *in vitro*, com o objetivo de medir a quantidade de cálcio perdida do esmalte exposto a uma solução de peróxido de carbamida a 10%, por seis horas. Concluindo, que os dentes expostos a solução de peróxido de carbamida a 10% perderam cálcio, entretanto a quantidade de perda foi pequena, não tendo significado clínico.

Attin et al. (1997) realizaram um estudo para comparar dados de microdureza de superfícies de esmalte em dentes bovino que apresentavam desgaste causado por escova dental. Quinze amostras de esmalte bovino foram preparadas e polidas para determinação da microdureza. As amostras foram imersas em bebida erosiva (*Sprite lite*) de 1,5 a 15 minutos, outras 15 amostras não sofreram esse tipo de tratamento. Todas as amostras foram submetidas à escovação com 1g de dentífrício não fluoretado em 5ml de saliva artificial. Foi medida a microdureza de todas as amostras antes e após o estudo. Análises estatísticas revelaram um significativo decréscimo na microdureza e um significativo acréscimo no desgaste da superfície com o aumento do tempo do estoque na bebida erosiva.

Bonfim et al. (1998) realizaram uma revisão de literatura sob os efeitos deletérios dos agentes clareadores em dentes vitais e não vitais. Os autores citam em seu trabalho Haywood e Heymann (1991) que demonstraram que não há mudança significativa na morfologia do esmalte, quando analisada ao MEV, após seis semanas de tratamento com várias soluções clareadoras. De acordo com essa pesquisa da Universidade da Carolina do Norte, a superfície do esmalte é tão mineralizada que não demonstram significativamente nenhum efeito. Citam

também Seghie e Denry (1992), que acreditam que ocorra uma alteração da matriz orgânica do esmalte, pelo uso do peróxido de carbamida, pois a resistência à abrasão é reduzida, além da dureza. Os autores citam ainda Puse et al. (1990), que analisando a superfície de esmalte de dentes bovinos clareados, concluíram que não houve qualquer alteração na estrutura na do esmalte, apenas aumento na quantidade de hidrogênio.

White e Pelino (1999) realizaram um estudo para determinar parâmetros laser equivalentes a luz PAC na eficácia do clareamento. Esse estudo determinou a eficácia do laser de diodo no clareamento dental comparado ao clareamento com luz PAC (*plasma arc curing light*). O laser utilizado foi o diodo com fibra ótica com 100µm de diâmetro em contato, 2W de potência, tempo de exposição de 10, 30 e 60s, e 4W de potência por 10s, com dois géis clareadores: Shofu Hi Lite (Peróxido de Hidrogênio a 35%) e Quaserbrite (peróxido de Hidrogênio a 35%). Esse estudo demonstrou que a aplicação do laser de Diodo contínuo (2 Watts) com tempo de exposição de 10, 30 e 60s não demonstrou diferença significativa quando comparados com os mesmos parâmetros da aplicação com a luz PAC.

White e Pelino (1999) também realizaram um estudo para determinar os parâmetros do laser, equivalentes aos da luz PAC, respeitando o aumento da temperatura pulpar. Foi utilizado termopar inserido com pasta térmica no interior das amostras. O laser utilizado foi o diodo com fibra ótica de 100µm de diâmetro em modo contato com tempo de exposição de 10, 30 e 60s. Um total de quatro combinações de parâmetros do laser foram usados: 2W- modo contínuo (CW), 4W-CW e 6W-CW. Cada parâmetro foi repetido três vezes, usando três diferentes dentes para um total de nove medidas para cada parâmetro. O aumento máximo e o tempo de retorno à temperatura inicial foram coletados e analisados tanto para polpa quanto para temperatura superficial. Esse estudo demonstrou que aplicações de diodo laser contínuo (2W), com tempo de exposição de 10, 30 e 60s, e laser (4W) produziram aumento de temperatura menor que 10° C. Aplicações de diodo laser com tempo de exposição mais longo e alta potência resulta em aumento de temperatura inaceitável acima de 10° C.

Basting et al. (2001) realizaram um estudo para avaliar o efeito do peróxido de carbamida a 10% (Opalescence) sobre a microdureza de esmalte e

dentina hígidos e desmineralizados. Foram utilizados para este estudo, 240 corpos de prova obtidos a partir de terceiros molares inclusos extraídos - 60 fragmentos de esmalte hígido, 60 fragmentos de esmalte desmineralizado (para induzir lesões de cárie), 60 fragmentos de dentina hígida e 60 fragmentos de dentina desmineralizada. Estas amostras foram fixadas aleatoriamente na superfície vestibular de primeiros molares superiores e segundos pré-molares superiores de 30 voluntários divididos em dois grupos de 15. Em uma primeira fase, o Grupo 1 recebeu o tratamento clareador, enquanto que o Grupo 2 recebeu o tratamento com o gel placebo. Quatro fragmentos dentais (um fragmento de esmalte hígido e um desmineralizado, um fragmento de dentina hígida e outro desmineralizado) foram fixados nas superfícies vestibulares dos molares superiores de cada voluntário. A aplicação do gel clareador e do placebo foi feita com o auxílio de uma moldeira durante a noite por um período de 8h, por três semanas. Após duas semanas da realização da primeira fase, outros quatro fragmentos dentais foram fixados nos dentes dos voluntários e aqueles que utilizaram o placebo, passaram a utilizar o Opalescence por mais três semanas. Após isto, os fragmentos dentais foram submetidos ao teste de microdureza com um indentador Knoop (três indenteções) e carga de 25g para o esmalte e 10g para a dentina, por 5s. Os fragmentos de esmalte, desmineralizados ou não, submetidos ao tratamento com Opalescence mostraram menores valores de microdureza que os fragmentos submetidos ao tratamento placebo. Não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de microdureza para os fragmentos de dentina desmineralizados o não, submetidos ao tratamento com Opalescence e placebo. Os resultados deste estudo sugerem que o tratamento com o Peróxido de Carbamida a 10% por três semanas altera a microdureza do esmalte, e parece não alterar a microdureza da dentina.

Maia (2002) avaliou a influência da concentração de dois diferentes agentes clareadores na microdureza do esmalte, sendo um a base de peróxido de carbamida a 10% (Nite White) e outro a base de peróxido de hidrogênio a 7,5% (Day White). A partir de terceiros molares preparou-se 90 blocos de esmalte que foram analisados através do teste de microdureza, com um indentador Knoop, carga de 50g e tempo de aplicação de 5s. Os espécimes selecionados foram fixados em dispositivos intra-orais de 10 voluntários, e permaneceram na

boca 24h por dia ao longo de toda a pesquisa. O regime clareador foi de 1h por dia, com moldeiras individuais, para cada lado, durante 21 dias consecutivos. Ao final do experimento, realizou-se uma nova medição da microdureza. Os valores médios da microdureza inicial e final foram 348 e 352,2; 346,6 e 354,5; 342 e 340,8 para as amostras do grupo controle, amostras submetidas ao peróxido de carbomida a 10% e ao peróxido de hidrogênio a 7,5%, respectivamente. Através das diferenças de valores da microdureza inicial e final, bem como da análise de variância (ANOVA) a um critério, verificou-se que não houve diferença estatística entre os grupos, embora houvesse uma tendência ($p=0,0561$) para as amostras submetidas ao peróxido de hidrogênio a 7,5%, apresentarem uma pequena redução na microdureza. Os resultados sugeriram que os agentes clareadores testados não causaram alterações na microdureza superficial do esmalte.

Bonk (1999) realizou um estudo *in vitro* de dentes molares, mantidos em soro fisiológico, irradiados com o laser de Ho:YLiF, com comprimento de onda de $2,065\mu\text{m}$, 300mJ e largura de pulso de $250\mu\text{s}$, onde analisou a microdureza nas regiões irradiadas e também nas não irradiadas (controle). Foi observado aumento da microdureza na região irradiada em relação à de controle, indicando que provavelmente ocorreu um rearranjo de estrutura cristalina na hidroxiapatita.

Mattos, 2003, avaliou *in vitro*, através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), e de Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS), as alterações morfológicas e químicas respectivamente, de esmalte bovino, submetido a diferentes técnicas de clareamento. Para o experimento, foram selecionados trinta e seis incisivos bovinos, que tiveram suas raízes removidas. As amostras foram previamente pigmentadas, e seccionadas preservando somente o terço médio das coroas, que foi dividido em duas metades, uma controle e outra clareada de acordo com o grupo de teste. Grupo I - clareamento caseiro com peróxido de carbamida 10%; Grupo II - peróxido de hidrogênio a 35% + LED; Grupo III - peróxido de hirogênio a 35% + laser de Diodo, L808 (Lasering do Brasil), fibra ótica de $600\mu\text{m}$, com 3mm de distância focal da amostra, com movimentos de varredura durante 30s (10s em movimento vertical, 10s horizontal e 10s em movimentos circulares), com dose de energia de $140\text{J}/\text{cm}^2$. Como resultado, através do MEV, não houve alteração morfológica na superfície vestibular do esmalte bovino, em nenhum dos três grupos pesquisados. A análise

no EDS teve como objetivo estabelecer o percentual de cálcio em relação ao fósforo, antes e após tratamento clareador. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de Ca em relação ao P, entre a metade controle e sua respectiva metade clareada.

3.1 Dureza dos materiais

“Dureza é a propriedade do material que exprime a capacidade de resistir à ação de um penetrador duro” (Tabor, 1956, *apud* Pintaúde, 2002, p. 32). Segundo Pintaúde (2002, p. 32), *“usualmente a dureza é expressa pela relação entre a força de penetração e a área de contato final entre o penetrador e o material ensaiado, o que resulta em dimensões de pressão, tais como N/mm²”*. O referido autor afirma *“que o valor de dureza depende fundamentalmente de três variáveis: o material ensaiado, a geometria do penetrador e a força aplicada”*.

Dieter (1967, *apud* Pintaúde, 2002) e Souza (1982, *apud* Pintaúde, 2002), classificam os ensaios de dureza em três tipos: (a) dureza por riscamento; (b) dureza por choque e (c) dureza por penetração.

Franco Júnior (2003), em tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, utilizou o equipamento Fisherscope, modelo H100V, que realiza ensaios instrumentados de dureza, para determinação do módulo de elasticidade, dureza Vickers, e a razão entre a dureza e o módulo de elasticidade em outros materiais.

A dureza por penetração é em função da geometria do penetrador e das condições de aplicação de força, e são muito utilizadas as durezas Brinell, Vickers e Rockwell. Estes métodos compreendem uma grande gama de tipos de penetradores, que variam em geometria (esféricos, piramidais e cônicos) e que podem ser de diferentes materiais (aço, metal duro e diamante) (Pintaúde, 2002).

A escala Vickers apresenta uma vantagem em relação às demais escalas de dureza por se aplicar a praticamente todas as classes de materiais, em uma extensa faixa de forças. Observa-se que os valores de dureza costumam ser maiores à medida que os ensaios são conduzidos com forças menores. Esta

variação é denominada: “efeito do tamanho de impressão (*indentation size effect*)” (Sargent, 1989, *apud* Pintaúde, 2002, p. 42).

A utilização de ensaios de dureza na escala microscópica permite a caracterização de microconstituintes dos materiais. No que se refere a este tipo de ensaio, a ASTM E384 99 e 1 especifica o uso de penetradores Vickers com forças de ensaio entre 1 e 1000gf (0,098 e 9,8N). Nos casos em que a área de impressão reflete de forma fidedigna a geometria do penetrador Vickers, a diagonal de impressão corresponde a sete vezes a profundidade máxima de penetração (Pintaúde, 2002, p. 33).

3.2 Módulo de elasticidade

Em geral, quando os testes são realizados com penetradores do tipo Vickers, os dados registrados são analisados usando o método proposto por Oliver e Pharr (1992) que teve suas origens no de Doerner e Nix (1986). Vale lembrar que tanto o método de análise de Doerner e Nix quanto o de Oliver e Pharr são aceitos para a análise das curvas de penetração pela norma ISSO/FDIS 14577-1 (Franco Júnior, 2003, p. 73).

O procedimento para análise dos dados da impressão registrados, para determinação da dureza e módulo de elasticidade é feito através de um gráfico que apresenta uma curva de carregamento e descarregamento, em função da carga utilizada em mN, e profundidade de penetração, em μm (FIG. 1).

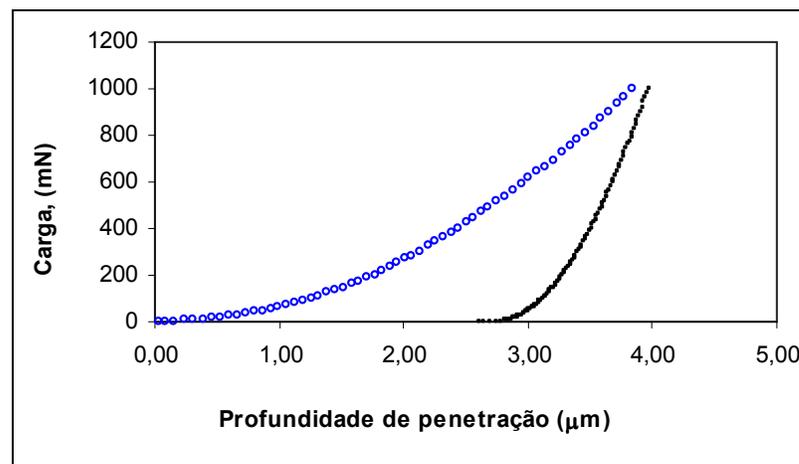


FIGURA 1: Curvas de carregamento (azul) e descarregamento (preto) obtidos experimentalmente em amostra de esmalte bovino, com carga de até 1000 mN

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais e equipamentos utilizados

Foram selecionados quatorze dentes bovinos, armazenados em água destilada para evitar desidratação das amostras. O gel clareador utilizado foi o Whiteness HP (FGM), Peróxido de Hidrogênio a 35%.

Um dos equipamentos *laser* utilizados foi o Nd:YAG pulsado, modelo Pulse Master 1000 da American Dental Technologies, Inc.- USA, com comprimento de onda de 1064nm, largura de pulso de 100 μ s, dotado de um sistema de entrega por fibra ótica de 320 μ m e com luz guia proveniente de um laser com comprimento de onda de 633nm.

Outro equipamento *laser* utilizado foi o de Diodo, da Zap Lasers, USA, com comprimento de onda de 808nm e com um sistema de entrega por fibra ótica de 300 μ m. Ambos os *lasers* pertencem ao Centro de Pesquisa, Ensino e Clínica de *Laser* em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (LELO – FOU SP).

Para os ensaios instrumentados de dureza, foi utilizado um equipamento modelo FISCHERSCOPE H100V, da empresa alemã FISCHER, que permite a aplicação de cargas de 1mN a 1000mN e possui um programa que registra a profundidade de penetração em função da carga aplicada, pertencente ao Laboratório de Fenômenos de Superfície (LFS), do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Para análise da morfologia superficial do esmalte, foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Philips, modelo LX 30, pertencente ao Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (CCTM -IPEN).

4.2 Preparo das amostras

As amostras foram preparadas, após serem retiradas da água destilada, separando-se a porção radicular da coronária. Estas coroas foram embutidas em resina de poliéster insaturada ortoftálica, deixando as faces vestibulares expostas para o estudo. Estas faces foram desgastadas em uma politriz, com lixa para desgaste Silicon Carbide 250, e para polimento foram utilizadas as lixas Silicon Carbide de 400 a 4000, com o objetivo de deixar esta face totalmente plana e polida (FIG. 2a e 2b). Duas amostras foram selecionadas, para a realização um teste no equipamento de ensaios instrumentados de dureza, a fim de definir as condições das amostras, ou seja, paralelismo das superfícies superior com a inferior do embutimento, porque sem esse paralelismo, o equipamento não tem condições de realizar a leitura. Além da condição da superfície a ser analisada, ainda temos que definir a carga a ser utilizada em função da espessura e resistência do esmalte e selecionar a ponta adequada. O método de polimento utilizado se mostrou adequado, a ponta selecionada foi a Vickers, e a carga mais adequada foi a máxima (1000mN), devido à grande espessura da camada de esmalte. Após cada um dos procedimentos citados anteriormente, as amostras foram recolocadas em água destilada para manter a hidratação.



FIGURA 2a: Amostra no embutimento acrílico com superfície vestibular exposta e polida



FIGURA 2b: Amostra com identificação

4.3 Divisão dos grupos

As doze amostras restantes foram divididas em dois grupos, com seis amostras em cada grupo: (Grupo I – Laser de DIODO de 808 nm e Grupo II – Laser de Nd:YAG). Em todas as amostras, a face a ser analisada foi demarcada com um risco no sentido longitudinal da coroa, feito com broca diamantada esférica, para separar o lado controle (LC), do lado que foi aplicado o gel, e posteriormente irradiado (LI). Com a mesma broca foi feita também a identificação das amostras (FIG. 2b).

4.4 Técnica utilizada

Cada uma das seis amostras do Grupo I, no lado que foi submetido à irradiação (LI), foi coberto com o gel clareador Whiteness HP 35% (FIG. 3a e 3b). Realizamos a irradiação com o equipamento laser de Diodo, com o comprimento de onda de 808nm, nos lados (LI) das seis amostras, com o seguinte protocolo: modo contínuo (CW), potência de 1,5W (Barroso, 2003), fibra de 300µm, com modo não contato (distância de 10mm), com movimentos de varredura e com o tempo de 30s, sendo 10s com movimentos verticais, 10s com movimentos horizontais e 10s com movimentos circulares, e após 30s de interrupção da irradiação, sem substituir o gel clareador, foi realizado mais 30s de irradiação, repetindo os mesmos movimentos.



FIGURA 3a: Amostra com a superfície a ser irradiada (GI) coberta com o gel clareador



FIGURA 3b: Equipamento laser de diodo (ZAP)

Nas outras seis amostras do Grupo II, o lado a ser irradiado (LI), foi recoberto com o mesmo gel clareador Whiteness HP 35%, utilizamos o equipamento laser de Nd:YAG, (FIG. 4a e 4b), com o seguinte protocolo: 1W de potência média, frequência de 50 Hz, modo não contato (com distância de 10mm), com movimentos de varredura e com o tempo de 30s, sendo 10s com movimentos verticais, 10s com movimentos horizontais e 10s com movimentos circulares, e após 30s de interrupção da irradiação, sem substituir o gel clareador, foi realizado mais 30s de irradiação, repetindo os mesmos movimentos.



FIGURA 4a: Amostra com a superfície a ser irradiada (LI) coberta com o gel clareador



FIGURA 4b: equipamento laser de Nd:YAG (Pulsemaster)

Todas as 12 amostras permaneceram recobertas com o gel clareador por mais cinco minutos antes de serem lavadas em água corrente e recolocadas em água destilada.

4.5 Ensaio instrumentado de dureza

Foram escolhidas, ao acaso, três amostras de cada grupo, para serem submetidas aos ensaios instrumentados de dureza. Após o posicionamento da amostra no equipamento, (FIG. 5b), os ensaios instrumentados de dureza foram realizados em uma linha horizontal (perpendicular à linha do sentido longitudinal, que demarca os lados LC e LI), (FIG. 5c), Iniciando no lado controle (LC) em direção ao lado irradiado (LI), foram realizados 15 ensaios no (LC), e mais 15 ensaios no (LI), sendo descartados dois resultados dos ensaios mais fora da média, ficando com 13 resultados para cada lado. Para cada ensaio, o carregamento e descarregamento são instrumentados, para minimizar os efeitos de dilatação térmica (thermal drift) e de reversão plástica, assim analisamos os 13 resultados dos lados controle (LC) comparando-os com os 13 resultados dos lados irradiados (LI) das seis amostras, (FIG. 5a e 5c).



FIGURA 5a e 5b: Equipamento FISCHERSCOPE para os ensaios instrumentados de dureza

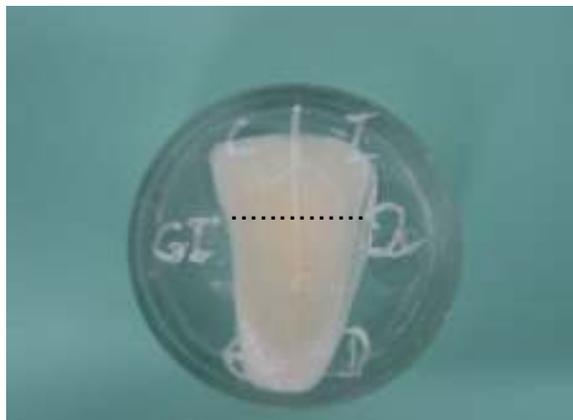


FIGURA 5c: esquema dos ensaios instrumentados de dureza (LC) e (LI)

4.6 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Para análise da superfície com o Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV, duas amostras foram escolhidas: uma do Grupo I (GI - amostra 04), e outra do Grupo II (GII - amostra 06). As duas amostras foram removidas do embutimento acrílico (FIG. 6a e 6d), cortadas no sentido méso-distal através da câmara pulpar, separando a parte palatina da vestibular (FIG. 6b).

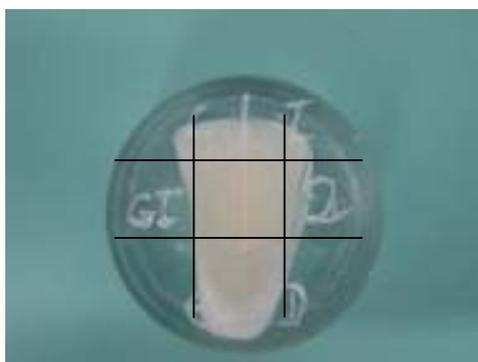


FIGURA 6a: Esquema do corte para visualização no MEV



FIGURA 6b: Amostra cortada para visualização no MEV

As duas partes vestibulares, também foram cortadas no sentido perpendicular à face do esmalte que foi irradiada, para permitir a visualização da espessura do esmalte, pois se a impressão for mais profunda do que 30% dessa espessura podemos ter um falso resultado (FIG. 6d).



FIGURA 6c: Corte para visualização no MEV



FIGURA 6d: Camada de esmalte com média de 1,2mm de espessura

Estas amostras então, foram submetidas a um processo de desidratação sendo imersas em seqüência de soluções de álcool 70%, 80%, 90% e 100%, durante 10 minutos em cada concentração. Após imersão em cada concentração de álcool estas foram secadas ao ar (Magalhães, 2001). Estas amostras foram colados nos *stubs* (suporte para acoplar na câmara de vácuo do MEV) (FIG. 7a e 7b), com as faces a serem analisadas voltadas para cima, e metalizadas com ouro (sputtering) em uma evaporadora marca Bal-Tec, modelo SCD 050, (FIG. 7c e 7d) para localização e visualização das impressões Vickers. Analisamos também se houve alguma alteração morfológica da superfície do lado do esmalte que foi irradiado (LI), comparando com a superfície do lado do esmalte que não tinha sido irradiado, lado controle (LC).



FIGURA 7a: MEV

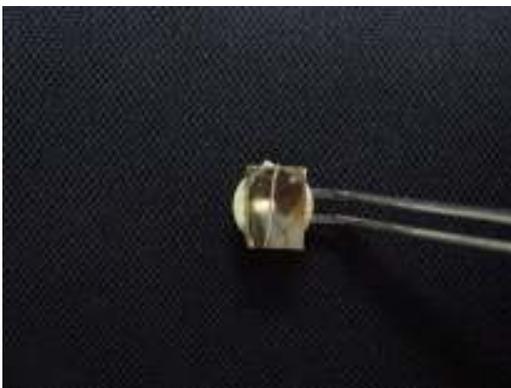
FIGURA 7b: Amostra colada no *Stub*

FIGURA 7c: Amostra metalizada – face vestibular, (LC) e (LI)



FIGURA 7d: Amostra metalizada – corte transversal à face vestibular

5 RESULTADOS

As tabelas mostram os resultados dos ensaios instrumentados de dureza de seis amostras, sendo três amostras do Grupo I e três amostras do Grupo II.

Grupo I - Amostra 1 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 241 Kgf/mm² (TAB. 1), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo I - Amostra 1 - Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado irradiado (LI) é de 269 Kgf/mm² (TAB. 2), e mostrando também o módulo elástico.

TABELA 1: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GI-1 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
66,76	239
59,16	246
68,97	240
70,95	240
69,44	242
67,84	233
69,18	233
68,53	233
69,06	230
72,73	243
68,44	232
70,62	245
74,86	274
69	241 ± 11

TABELA 2: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GI-1 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
71,23	254
72,92	266
72,46	263
76,05	266
75,40	247
77,11	275
74,51	269
73,79	280
72,51	285
71,71	270
71,95	285
68,60	274
75,23	269
73	269 ± 11

Grupo I - Amostra 2 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 303 Kgf/mm² (TAB. 3), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo I - Amostra 2 - Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado irradiado (LI) é de 303 Kgf/mm² (TAB. 4), e mostrando também o módulo elástico.

TABELA 3: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GI-2 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
68,82	297
68,35	305
66,23	291
67,96	301
69,41	305
67,12	303
67,07	304
68,19	307
72,99	312
70,84	297
67,89	300
70,75	306
72,54	310
69	303 ± 6

TABELA 4: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GI-2 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
70,30	285
69,14	295
67,25	296
74,10	319
70,76	309
69,90	299
71,96	310
72,45	308
70,71	299
73,73	310
73,77	315
72,69	297
72,73	298
71	303 ± 10

Grupo I - Amostra 6 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 275 Kgf/mm² (TAB. 5), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo I - Amostra 6 - Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado irradiado (LI) é de 290 Kgf/mm² (TAB. 6), e mostrando também o módulo elástico.

TABELA 5: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GI-6 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
68,76	269
65,86	264
66,55	270
66,02	255
69,21	274
71,29	265
72,34	269
73,39	272
74,67	273
75,31	286
75,69	290
76,48	295
77,82	298
72	275 ± 13

TABELA 6: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GI-6 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
68,11	275
69,65	270
70,93	280
72,64	269
74,98	289
77,26	293
74,05	281
72,02	274
76,78	290
76,46	295
78,67	298
81,85	322
82,63	331
75	290 ± 19

Grupo II - Amostra 1 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 228 Kgf/mm² (TAB. 7), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo II - Amostra 1 - Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LI) é de 275 Kgf/mm² (TAB. 8), e mostrando também o módulo elástico.

Tabela 7: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GII-1 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
64,22	220
70,57	226
70,81	221
68,83	218
70,07	218
70,21	225
67,59	223
69,88	232
71,20	229
67,21	236
68,90	247
67,09	228
67,24	241
69	228 ± 9

Tabela 8: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GII-1 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
81,08	274
80,93	276
73,18	265
69,66	260
73,49	264
74,28	259
77,27	275
78,01	288
76,90	299
75,22	292
73,70	277
71,90	268
73,74	277
75	275 ± 12

Grupo II - Amostra 2 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 271 Kgf/mm² (TAB. 9), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo II - Amostra 2 - Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado irradiado (LI) é de 279 Kgf/mm² (TAB. 10), e mostrando também o módulo elástico.

TABELA 9: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GII-2 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
71,13	270
71,04	279
71,01	270
69,02	255
68,98	255
72,43	264
70,29	252
72,95	265
73,31	268
76,34	284
77,32	293
76,69	295
73,78	270
73	271 ± 14

TABELA 10: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GII-2 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
67,53	254
69,55	271
70,14	279
69,38	263
70,79	263
72,73	273
72,19	272
73,96	278
71,94	268
72,80	281
80,28	324
78,13	305
77,83	299
73	279 ± 19

Grupo II - Amostra 6 - Lado Controle

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado controle (LC) é de 264 Kgf/mm² (TAB. 11), e mostrando também o módulo elástico.

Grupo II- Amostra 6- Lado Irradiado

A média dos 13 resultados dos ensaios instrumentados de dureza no lado irradiado (LI) é de 251 Kgf/mm² (TAB. 12), e mostrando também o módulo elástico.

TABELA 11: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Controle (GII-6 C)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
69,39	267
56,85	277
66,65	257
66,60	259
66,49	256
65,25	253
66,15	261
67,79	261
69,13	267
70,43	264
68,04	262
71,82	282
70,90	270
67	264 ± 8

TABELA 12: Resultados dos Ensaios Instrumentados de Dureza e Módulo Elástico para o lado Irradiado (GII-6 I)

E [GPa]	HV [kgf/mm ²]
73,29	280
72,28	278
70,93	265
70,64	268
73,42	280
69,58	269
66,62	256
65,33	237
57,96	170
57,34	178
65,86	197
74,47	284
74,99	302
69	251 ± 42

Para a análise dos dados foi aplicado o teste estatístico T para duas amostragens para se obter o grau de significância das diferenças entre as médias dos valores de dureza obtidos. No APÊNDICE A mostramos os resultados obtidos através do programa MiniTab.

A Tabela 13 mostra estes resultados.

TABELA 13: Medidas de tenacidade à fratura

	LC		LI	
	E	HV	E	HV
G I – 1	69	241 ± 11	73	269 ± 11
G I – 2	69	303 ± 06	71	303 ± 06
G I – 6	72	275 ± 13	75	290 ± 19
G II – 1	69	228 ± 09	75	275 ± 12
G II – 2	73	271 ± 14	73	279 ± 19
G II – 6	67	264 ± 08	69	251 ± 42

As impressões tanto do lado controle quanto do lado irradiado, geraram gráficos em função da carga aplicada com a profundidade de penetração. Gráficos com os 13 ensaios instrumentados de dureza, e gráficos com a média dos 13 ensaios instrumentados de dureza, se apresentam no APÊNDICE B.

Quanto às alterações morfológicas na superfície do esmalte, comparando os lados controle e irradiado, não observamos alterações vistas ao Microscópio Eletrônico de Varredura, com aumento de 100x a 4000x, como mostram as FIG. 8 e 9 , com aumento de 2000x, (impressão do Grupo I). As FIG. 10 e 11, mostram com aumento de 2000x, (impressão do Grupo II). Outras micrografias são apresentadas no APÊNDICE C.

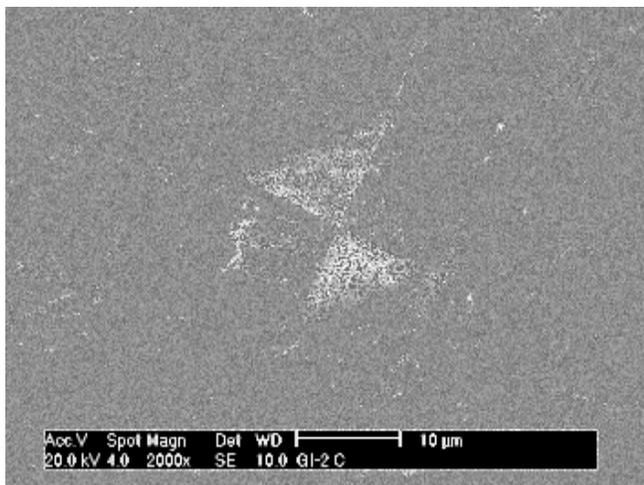


FIGURA 8: Impressão de Dureza Vickers do (GI-2 C) com aumento de 2000x

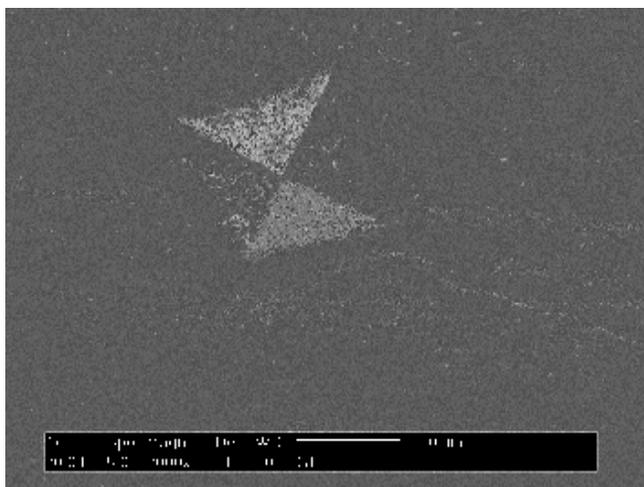


FIGURA 9: Impressão de Dureza Vickers do (GI-2 I) com aumento de 2000x

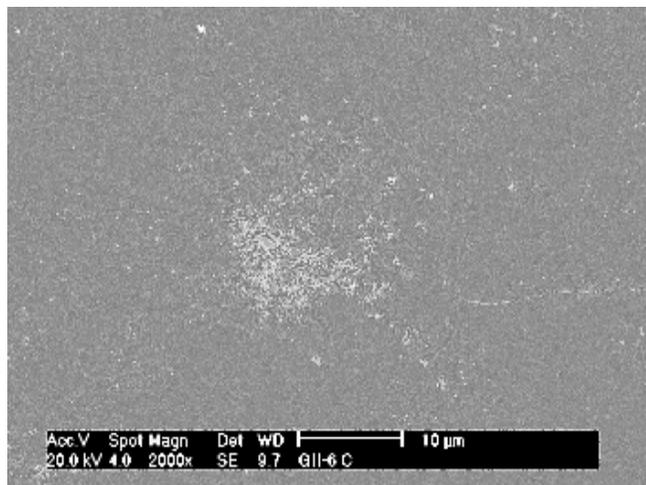


FIGURA 10: Impressão de Dureza Vickers do (GII-6 C) com aumento de 2000x

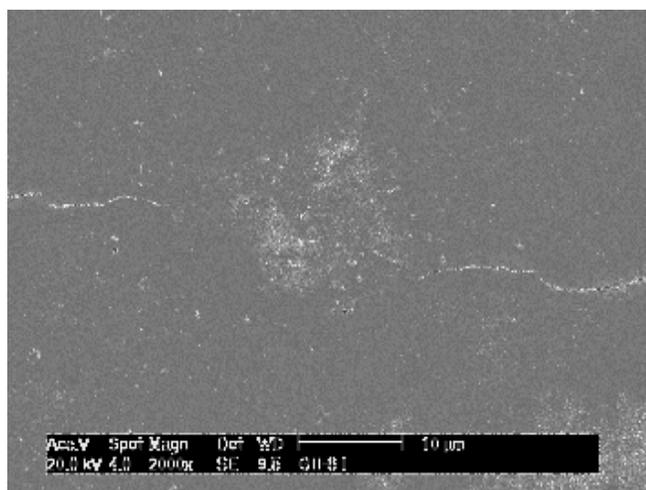


FIGURA 11: Impressão de Dureza Vickers do (GII-6 I) com aumento de 2000x.

6 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados mostram uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza na superfície do esmalte realizadas no lado controle (LC) e 13 ensaios instrumentados no lado irradiado (LI).

No Grupo I - amostra 1, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 241K gf/mm² e o (LI) uma média de 269 Kgf/mm², ou seja, apresentou um discreto aumento na dureza superficial do esmalte após o clareamento ativado pelo *laser*. A análise estatística mostra que esta diferença é significativa.

No Grupo I - amostra 2, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 303 Kgf/mm², e o (LI) uma média de 303 Kgf/mm², ou seja, apresentou a mesma dureza superficial do esmalte após o clareamento ativado pelo *laser*, sendo que cada um dos 13 ensaios realizados tiveram resultados diferentes, mas com a mesma média. A análise estatística mostra que não há diferença entre as médias.

No Grupo I - amostra 6, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 275 Kgf/mm², e o (LI) uma média de 290 Kgf/mm². A análise estatística mostra que esta diferença não é significativa.

No Grupo II - amostra 1, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 228 Kgf/mm², e o (LI) com 275 Kgf/mm², ou seja, apresentou um aumento na dureza superficial do esmalte após o clareamento ativado pelo *laser*. A análise estatística mostra que esta diferença é significativa.

No Grupo II - amostra 2, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 271 Kgf/mm², e o (LI) com 279 Kgf/mm², ou seja, aparentemente apresentou um discreto aumento na dureza superficial do esmalte após o clareamento ativado pelo *laser*. A análise estatística mostra que esta diferença não é significativa.

No Grupo II - amostra 6, o (LC), apresentou uma média dos 13 ensaios instrumentados de dureza de 264 Kgf/mm², e o (LI) com 251 Kgf/mm², ou seja, apresentou um discreto decréscimo na dureza superficial do esmalte após o clareamento ativado pelo *laser*. Novamente, esta diferença não é estatisticamente significativa.

Dos seis dentes analisados, os resultados obtidos mostram quatro amostras sem alteração na dureza das superfícies irradiadas, quando comparadas com as superfícies não irradiadas, e duas amostras com pequeno aumento desta dureza. Destas duas amostras, uma foi irradiada com o *laser* de diodo e a outra com o *laser* de Nd:YAG; a primeira apresentou um aumento de 11% na dureza e a outra um aumento de 21%. Embora estas diferenças sejam estatisticamente significantes, elas são pequenas do ponto de vista prático, e parecem não indicar uma preocupação quanto à modificação na resistência da superfície do esmalte, tanto em relação ao desgaste quanto em relação à sua ductibilidade.

Uma outra possibilidade que ainda pode ser levantada dos dados obtidos vem do fato que os dados poderiam estar mascarados caso houvesse uma camada bastante endurecida, porém com uma espessura muito fina. Como a penetração total do indentador foi de 3 microns, uma espessura de camada medida para ser confiável, teria que ser de aproximadamente 10 vezes esta espessura; assim, ainda existe a possibilidade de que tenha havido a formação de uma camada endurecida, porém com uma espessura abaixo de 30 microns. Neste caso, os resultados obtidos representariam uma “média” da dureza desta camada endurecida com a dureza do esmalte logo abaixo dela. A confirmação ou não destas possibilidades somente poderia ser feita após uma nova série de medidas de dureza onde se usaria carga bem menor com penetração conseqüentemente menor, e também com análises mais detalhadas em MEV da superfície atacada, para verificar se isto realmente ocorreu, ou se esta pequena variação da dureza é de outra natureza.

De qualquer maneira, esta pequena diferença na dureza, se é que isto pode ser afirmado, pode ter sido devido tanto ao efeito do gel clareador, quanto da ativação pelo *laser*, de Nd:YAG e Diodo, visto que a medida de dureza instrumentada no lado irradiado (LI) foi realizada após o procedimento de clareamento (gel + *laser*).

Quanto às observações em microscopia eletrônica de varredura, não foram observadas alterações morfológicas na superfície do esmalte, com aumento de 100 x até 4000 x.

7 CONCLUSÕES

Pode-se concluir, com estes resultados que houve um pequeno aumento da microdureza superficial do esmalte em duas amostras, ou seja, na amostra 1 do Grupo I e amostra 1 do Grupo II, que apesar de estatisticamente significativa, não influenciam no ponto de vista clínico. Nas demais, não houve modificação estatisticamente significativa na dureza do esmalte. Pode-se concluir também que não houve modificação morfológica da superfície do esmalte após o tratamento, visto com aumento de até 4000x, indicando que estes dois procedimentos se mostram adequados para o clareamento dental.

APÊNDICE A – Análise estatística dos dados

Two Sample T-Test and Confidence Interval

$t(/2, n1+n2-2 = t_{0,025,24} = 2,797$

Two sample T for I1-LC vs I1-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
I1-LC	13	240.8	11.3	3.1
I1-LI	13	269.5	11.0	3.1

95% CI for μ I1-LC - μ I1-LI: (-37.7, -19.7)

T-Test μ I1-LC = μ I1-LI (vs not =): T= -6.55 P=0.0000 DF= 24

Both use Pooled StDev = 11.2

Two sample T for I2-LC vs I2-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
I2-LC	13	302.92	5.72	1.6
I2-LI	13	303.08	9.53	2.6

95% CI for μ I2-LC - μ I2-LI: (-6.5, 6.2)

T-Test μ I2-LC = μ I2-LI (vs not =): T= -0.05 P=0.96 DF= 24

Both use Pooled StDev = 7.86

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for I6-LC vs I6-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
I6-LC	13	275.4	12.9	3.6
I6-LI	13	289.8	18.9	5.3

95% CI for μ I6-LC - μ I6-LI: (-27.5, -1.3)

T-Test μ I6-LC = μ I6-LI (vs not =): T= -2.26 P=0.033 DF= 24

Both use Pooled StDev = 16.2

Two Sample T-Test and Confidence Interval

Two sample T for II1-LC vs II1-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
II1-LC	13	228.00	8.95	2.5
II1-LI	13	274.9	12.2	3.4

95% CI for μ II1-LC - μ II1-LI: (-55.6, -38.2)

T-Test μ II1-LC = μ II1-LI (vs not =): T= -11.16 P=0.0000 DF= 24

Both use Pooled StDev = 10.7

Two sample T for II2-LC vs II2-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
II2-LC	13	270.8	13.7	3.8
II2-LI	13	279.2	19.4	5.4

95% CI for μ II2-LC - μ II2-LI: (-22.1, 5.1)

T-Test μ II2-LC = μ II2-LI (vs not =): T= -1.28 P=0.21 DF= 24

Both use Pooled StDev = 16.8

Two sample T for II6-LC vs II6-LI

	N	Mean	StDev	SE Mean
II6-LC	13	264.31	8.30	2.3
II6-LI	13	251.1	42.8	12

95% CI for mu II6-LC - mu II6-LI: (-11.7, 38)

T-Test mu II6-LC = mu II6-LI (vs not =): T= 1.10 P=0.28 DF= 24

Both use Pooled StDev = 30.8

N= n° de medidas

Mean= média

StDev= Desvio padrão

P= Nível de significância

APÊNDICE B – Gráficos das impressões geradas pelos ensaios instrumentados de dureza

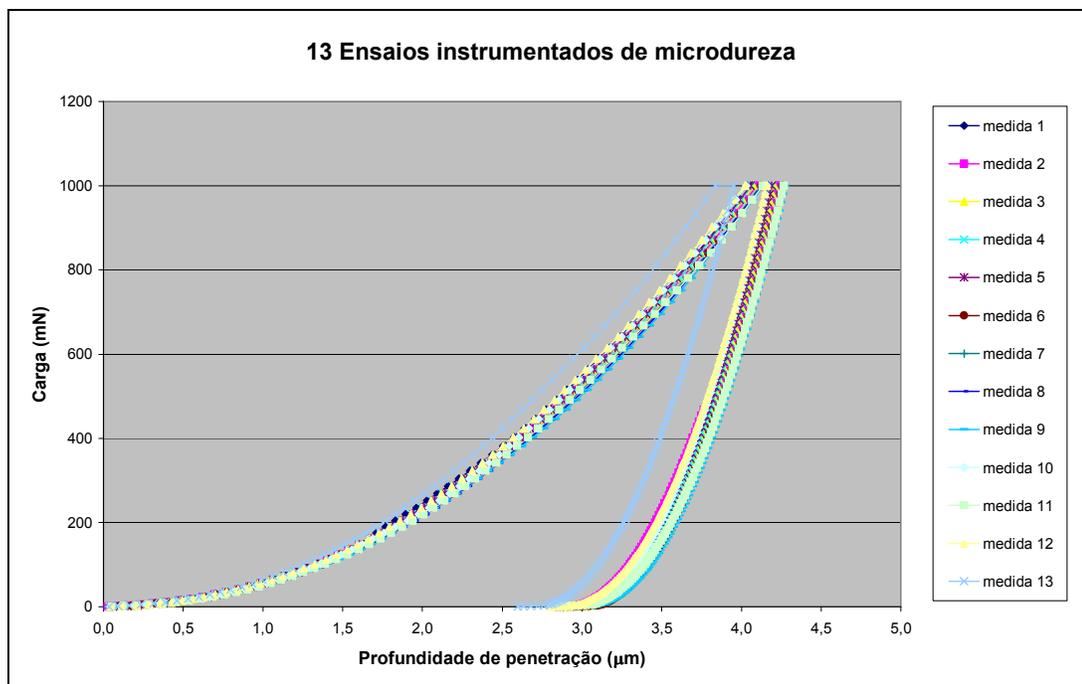


FIGURA 12a : Grupo I - Amostra 1 – Lado Controle

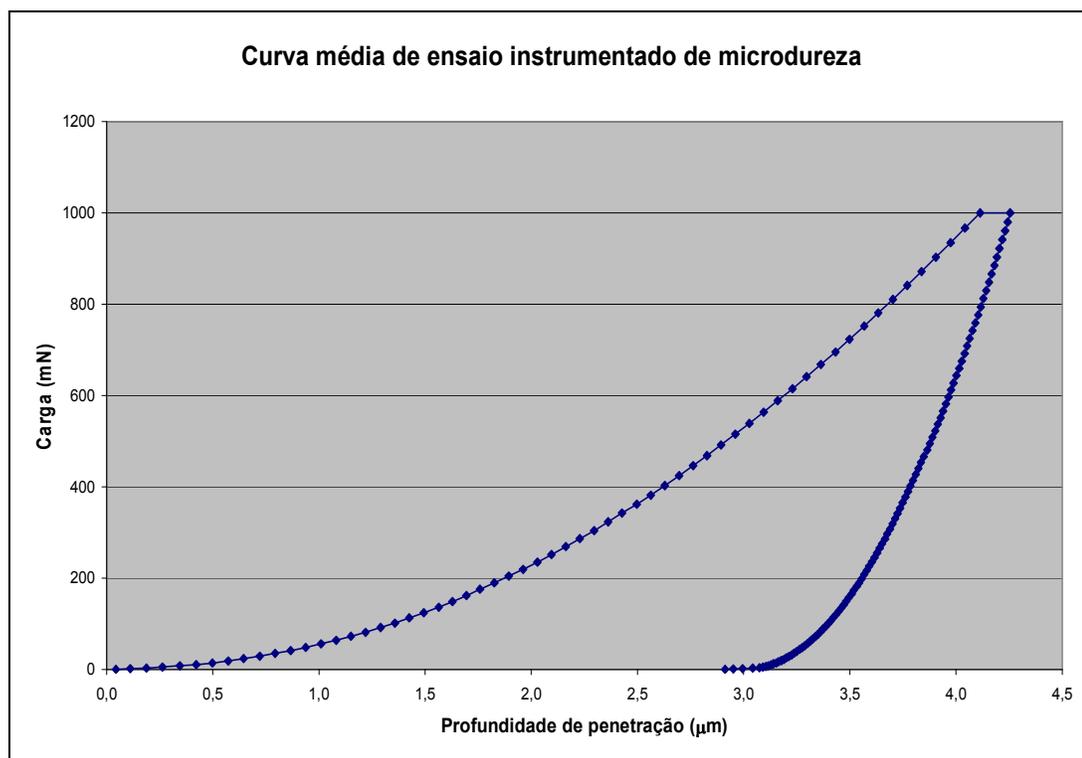
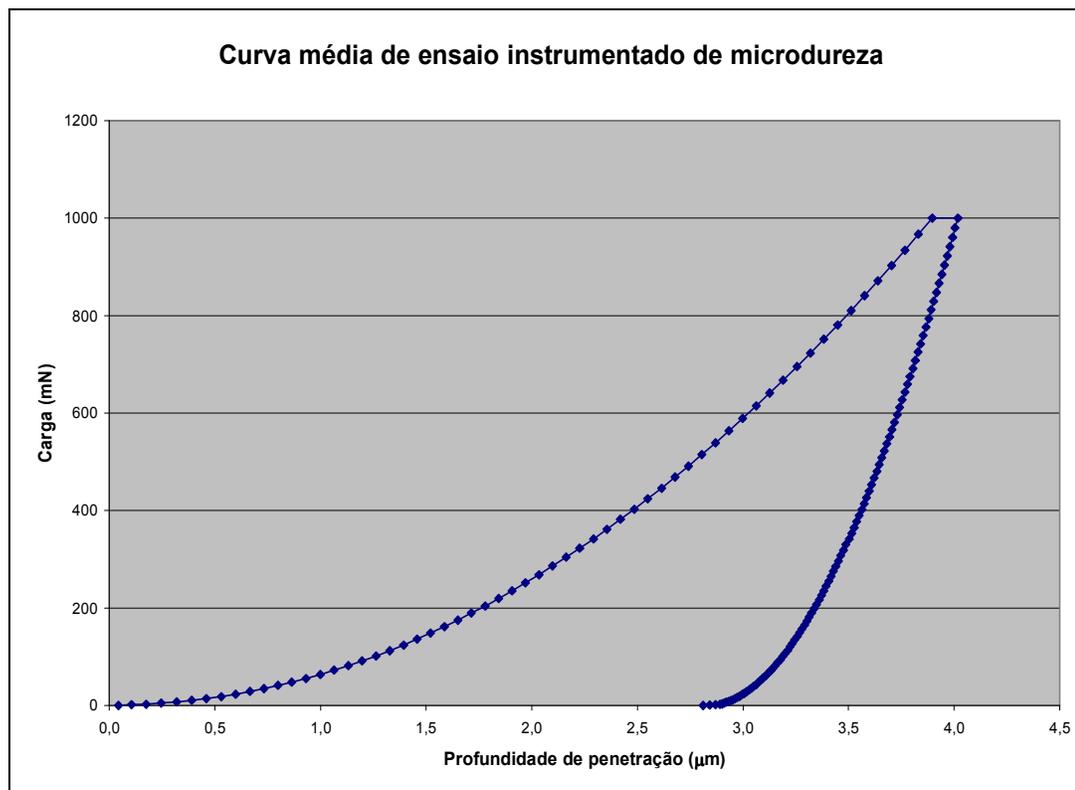
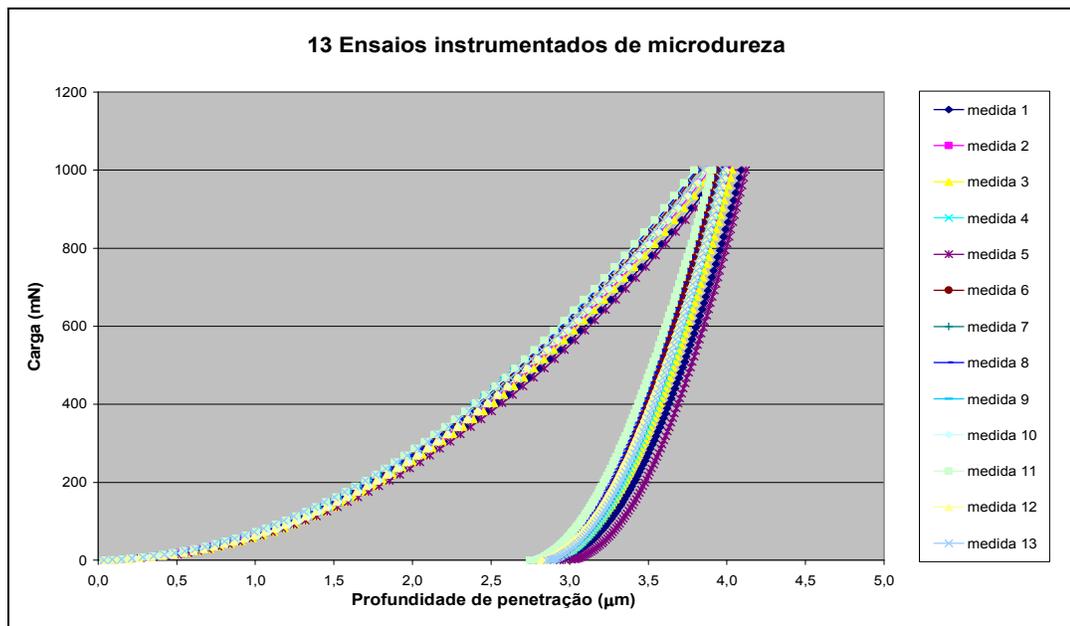


FIGURA 12b: Grupo I - Amostra 1 – Lado Controle



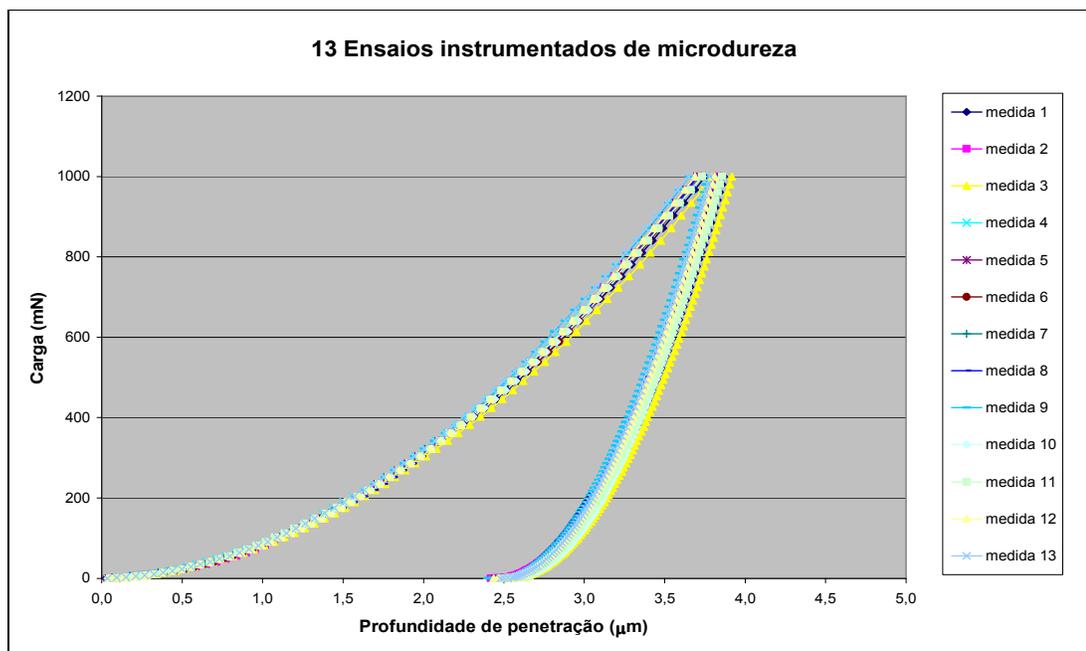


FIGURA 14a : Grupo I – Amostra 2 – Lado Controle

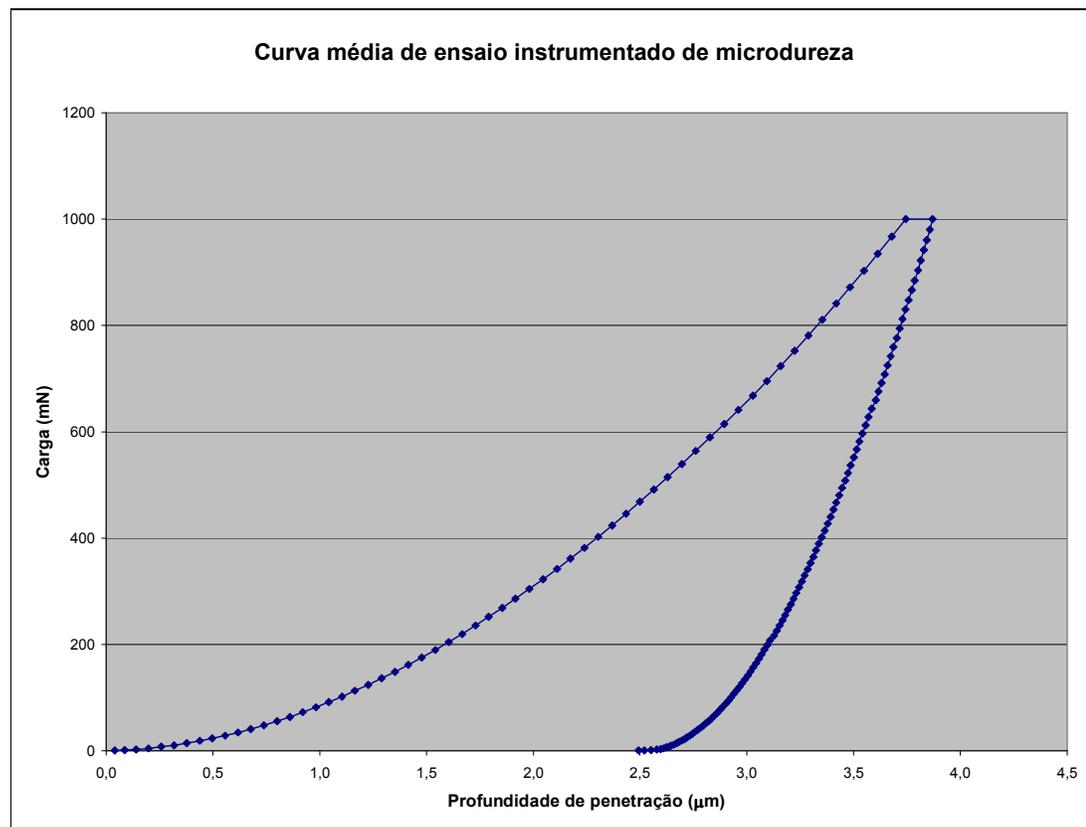


FIGURA 14b: Grupo I – Amostra 2 – Lado Controle

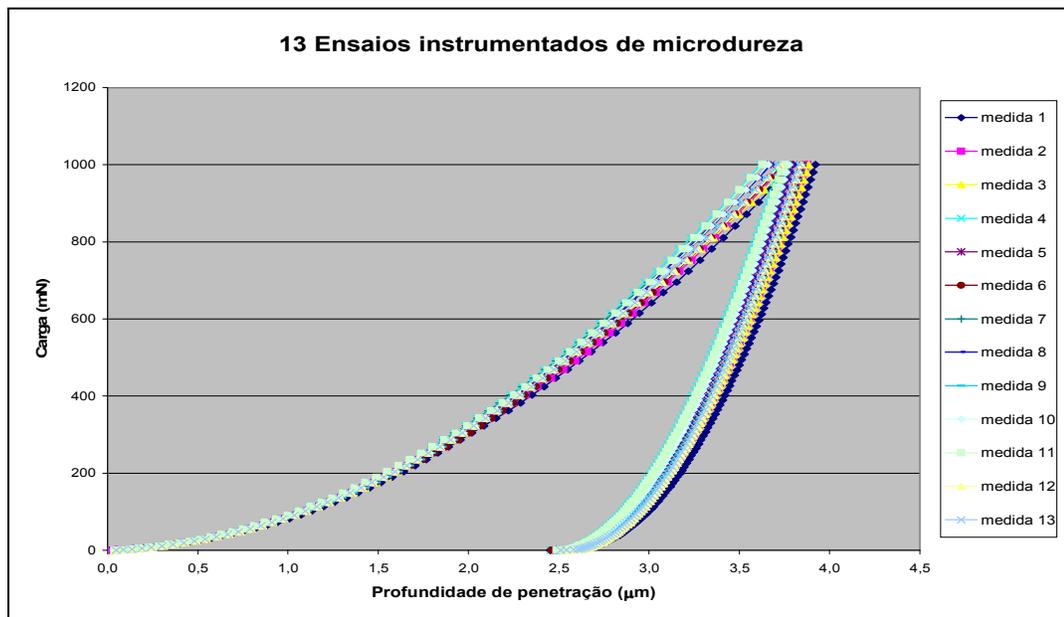


FIGURA 15a: Grupo I – Amostra 2 – Lado Irradiado

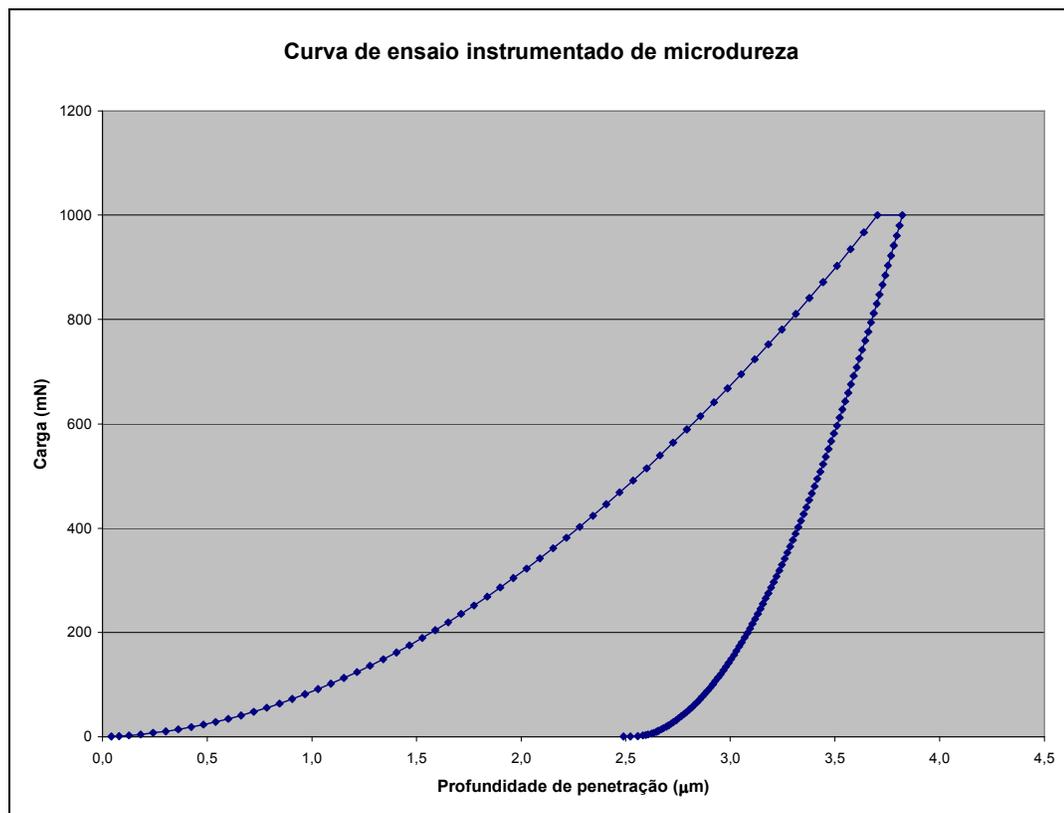


FIGURA 15b: Grupo I – Amostra 2 – Lado Irradiado

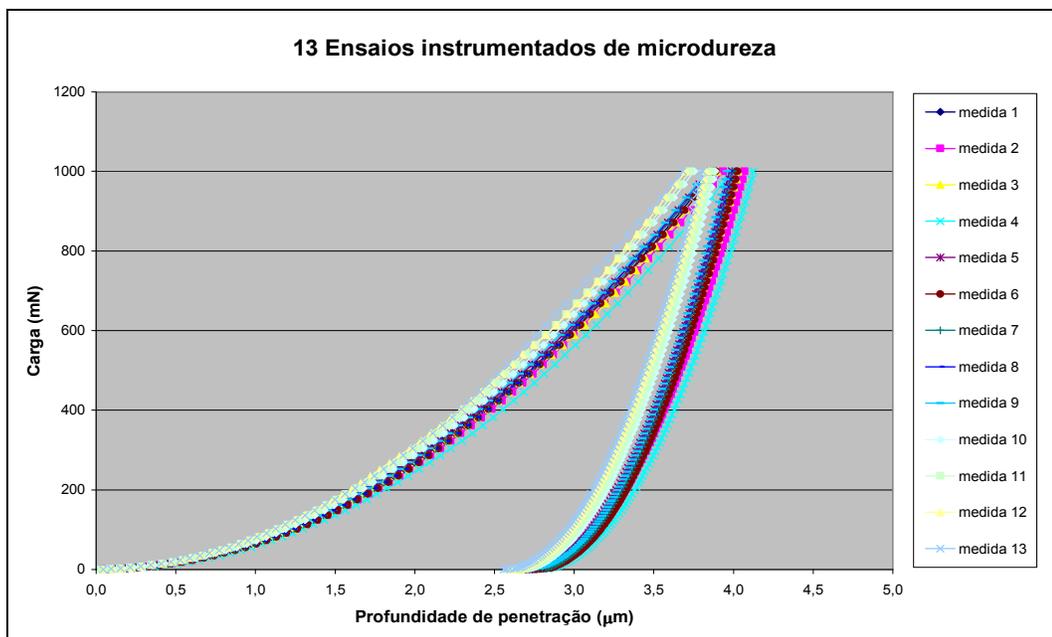


FIGURA 16a: Grupo I – Amostra 6 – Lado Controle

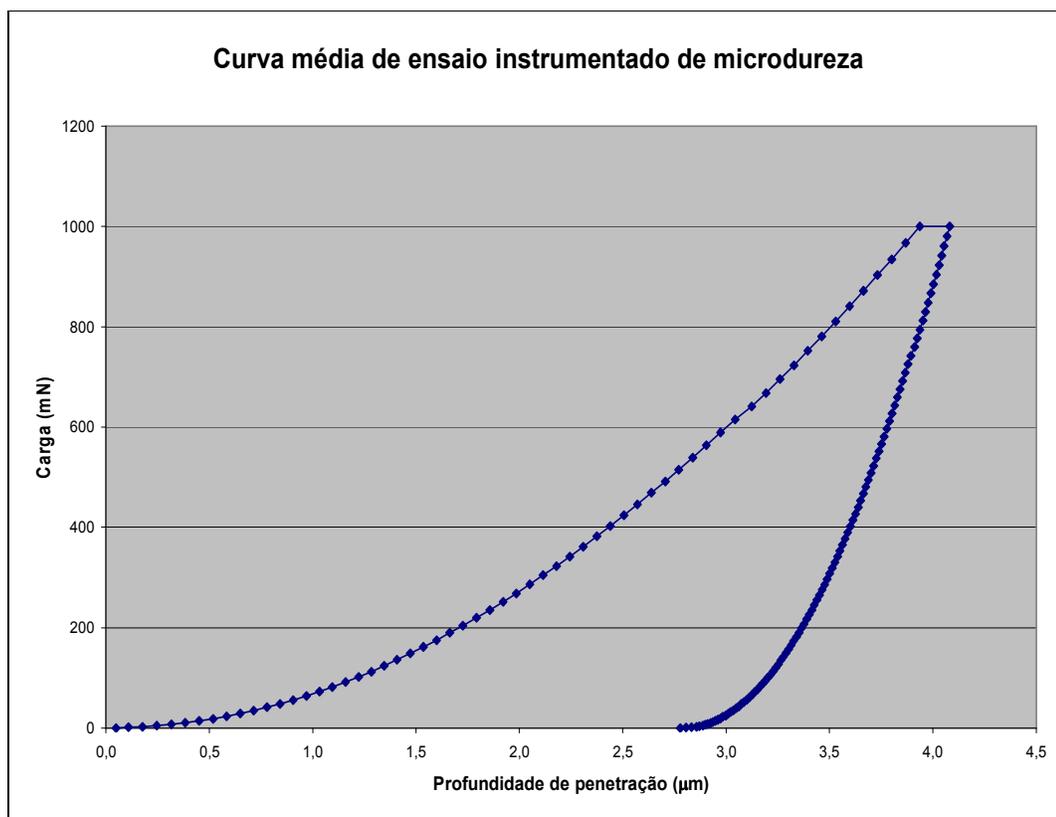


FIGURA 16b: Grupo I – Amostra 6 – Lado Controle

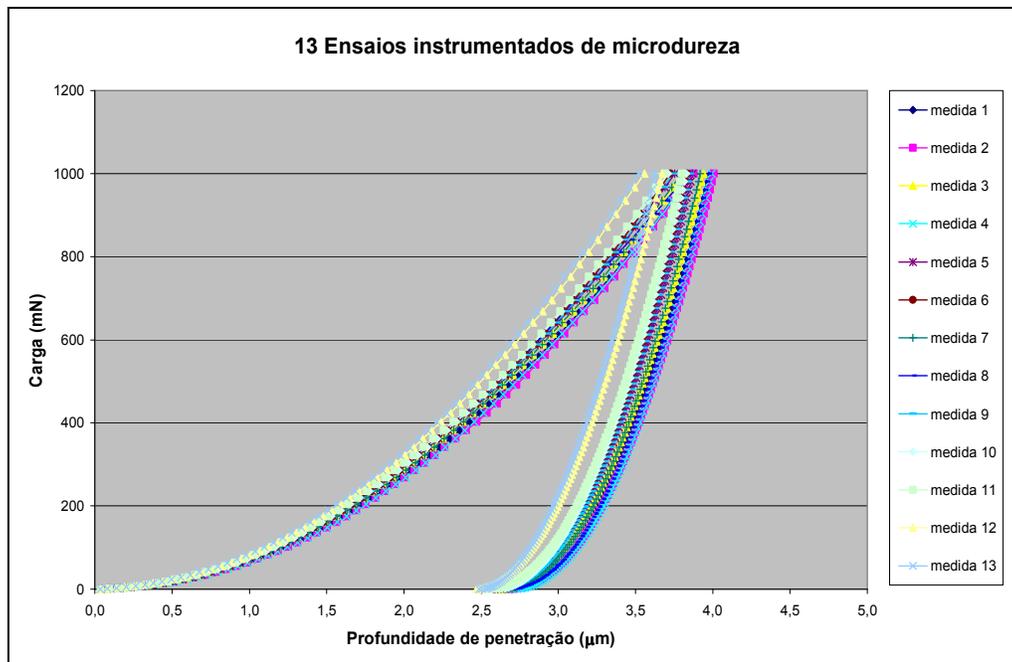


FIGURA 17a: Grupo I – Amostra 6 – Lado Irradiado

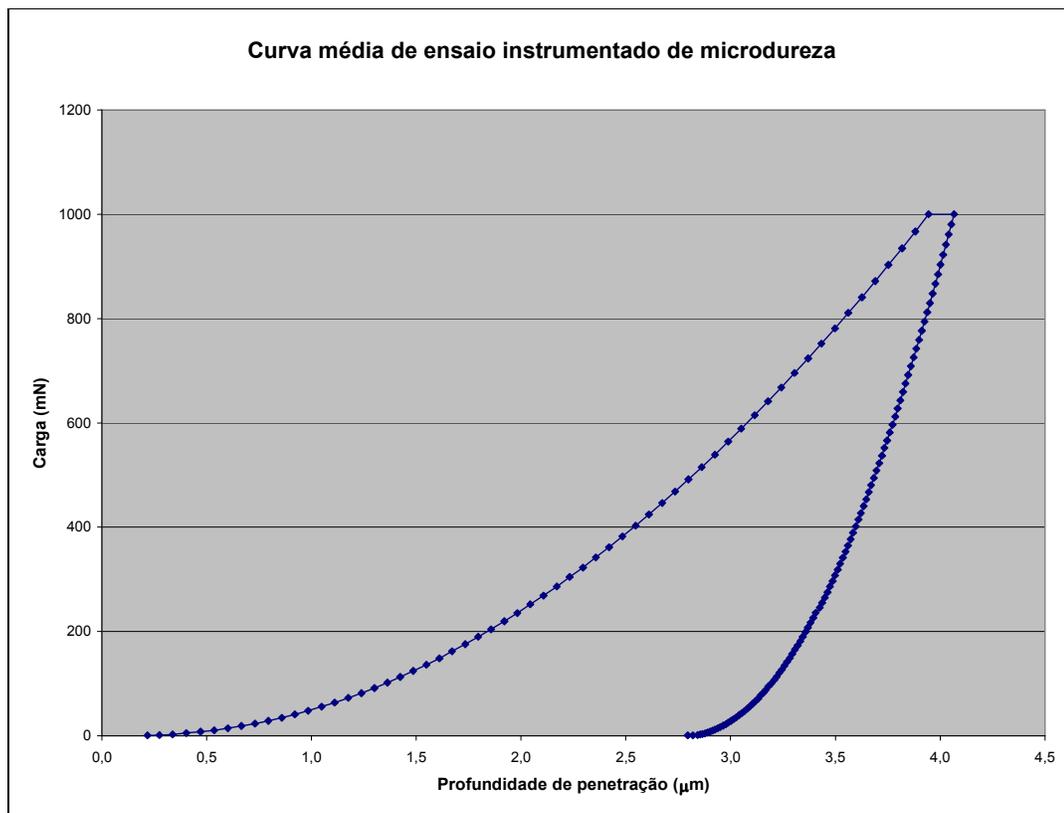


FIGURA 17b: Grupo I – Amostra 6 – Lado Irradiado

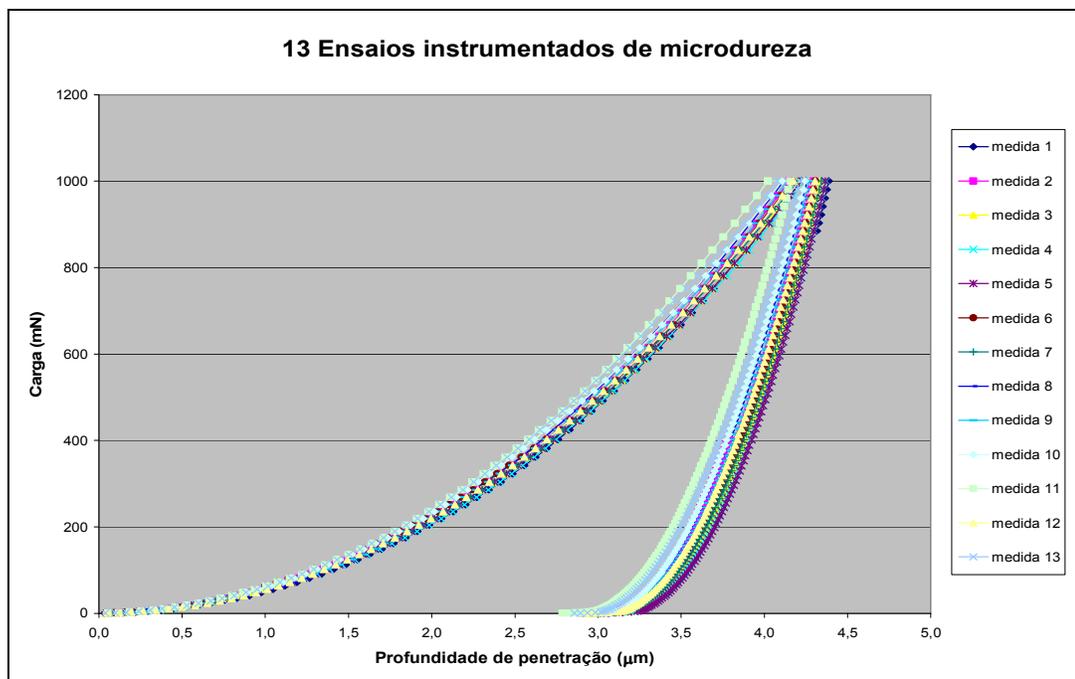


FIGURA 18a: Grupo II – Amostra 1 – Lado Controle

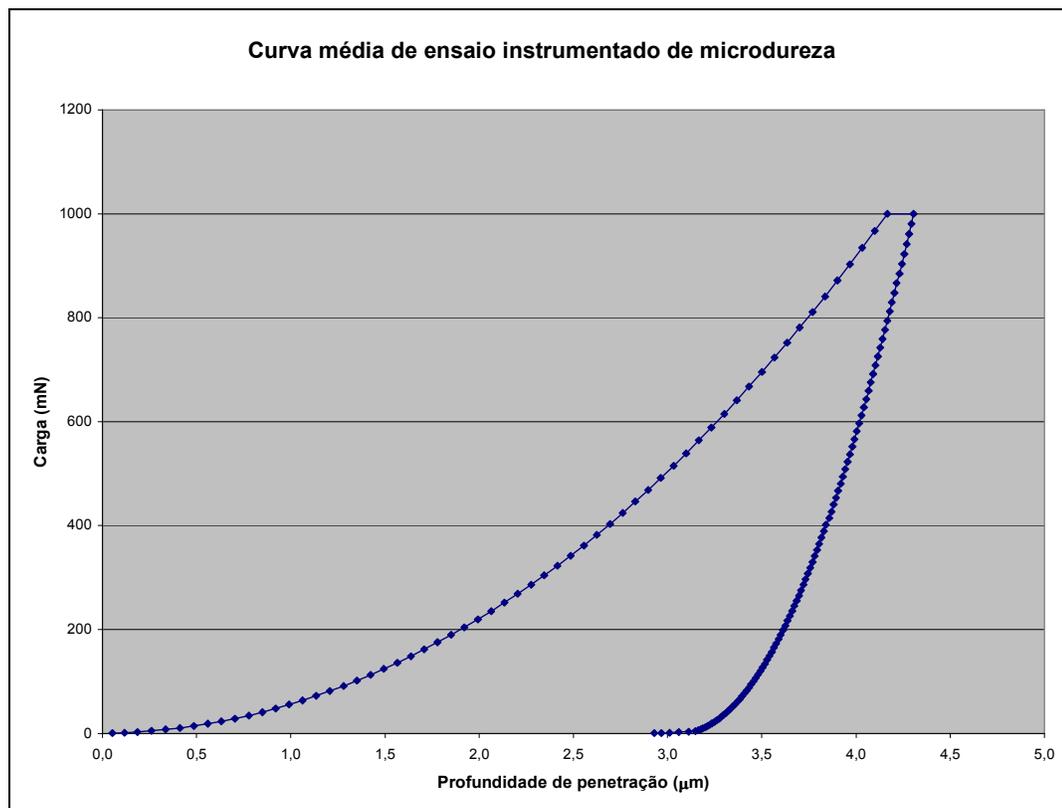


FIGURA 18b: Grupo II – Amostra 1 – Lado Controle

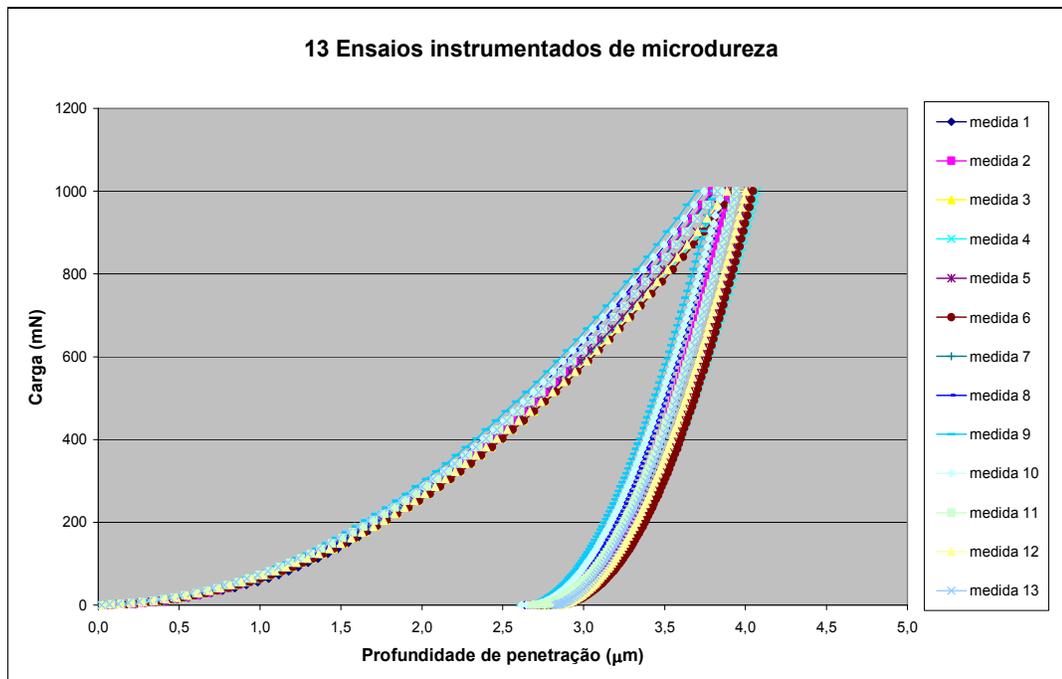


FIGURA 19a: Grupo II – Amostra 1 – Lado Irradiado

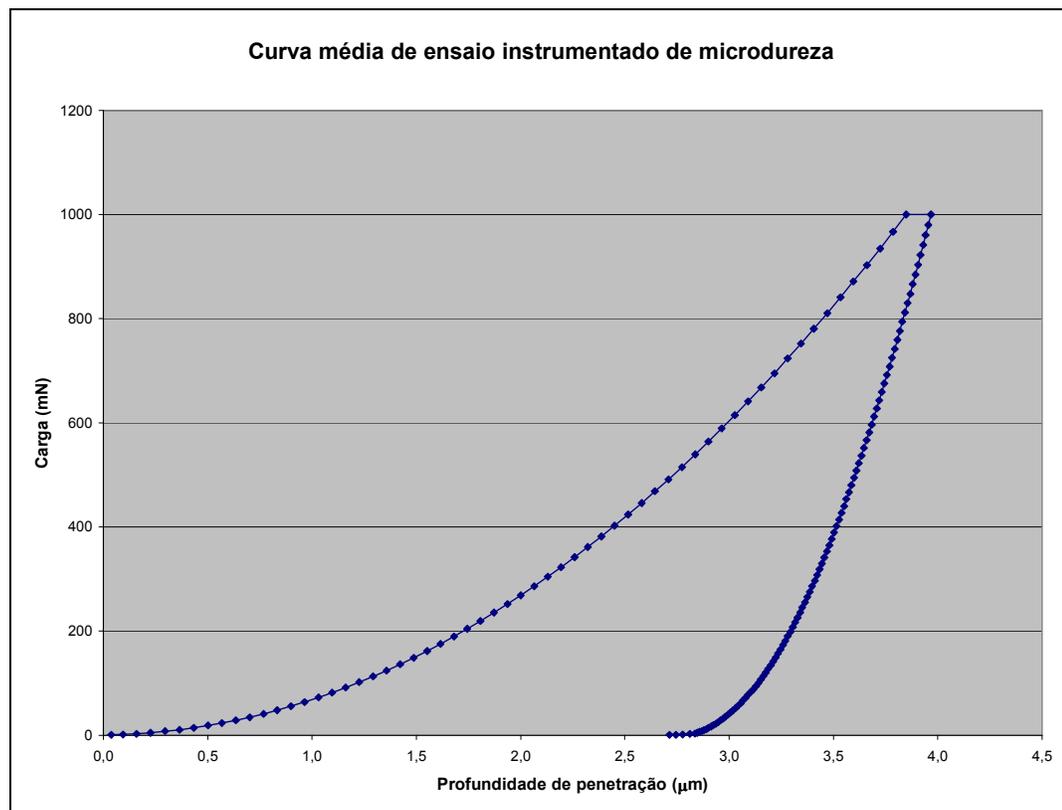


FIGURA 19b: Grupo II – Amostra 1 – Lado Irradiado

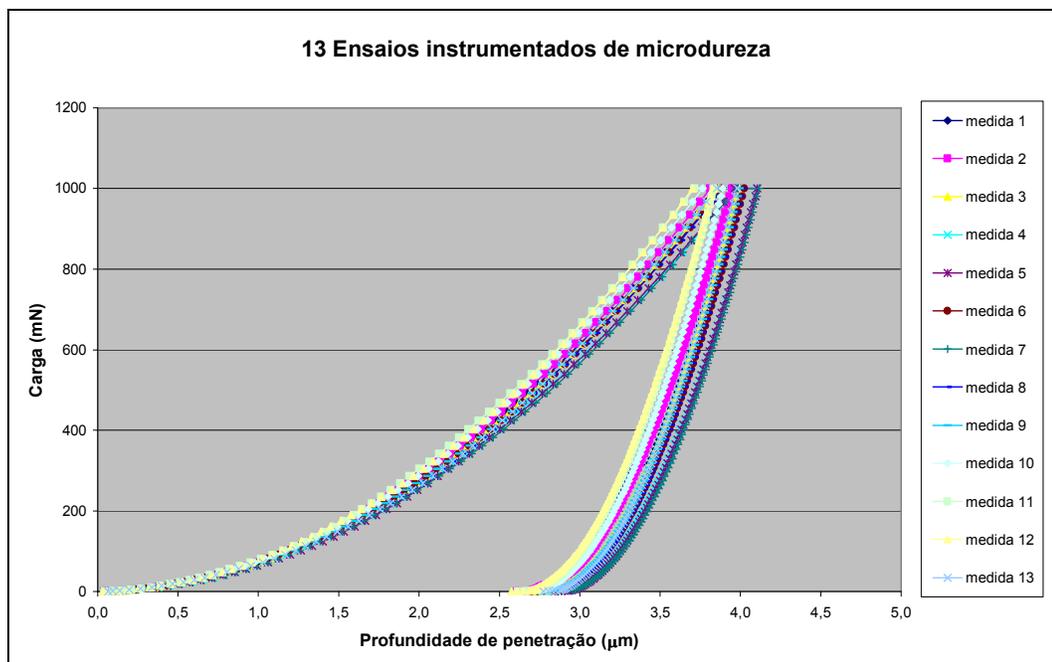


FIGURA 20a: Grupo II – Amostra 2 – Lado Controle

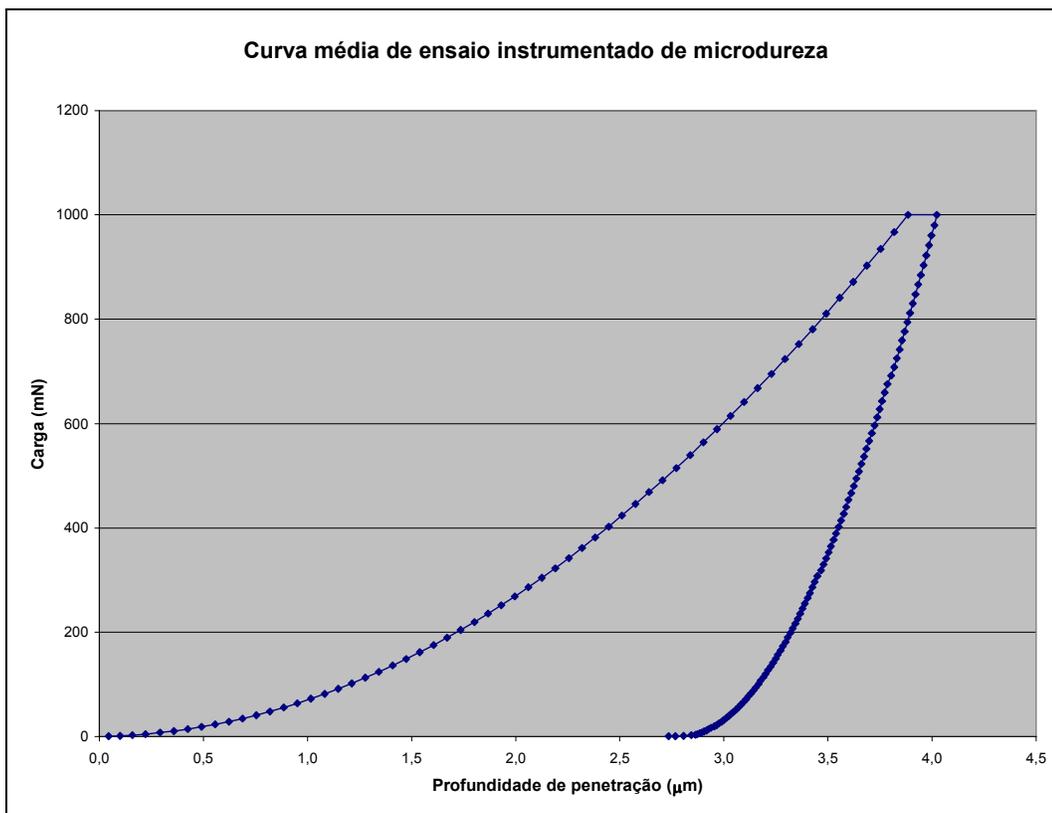


FIGURA 20b: Grupo II – Amostra 2 – Lado Controle

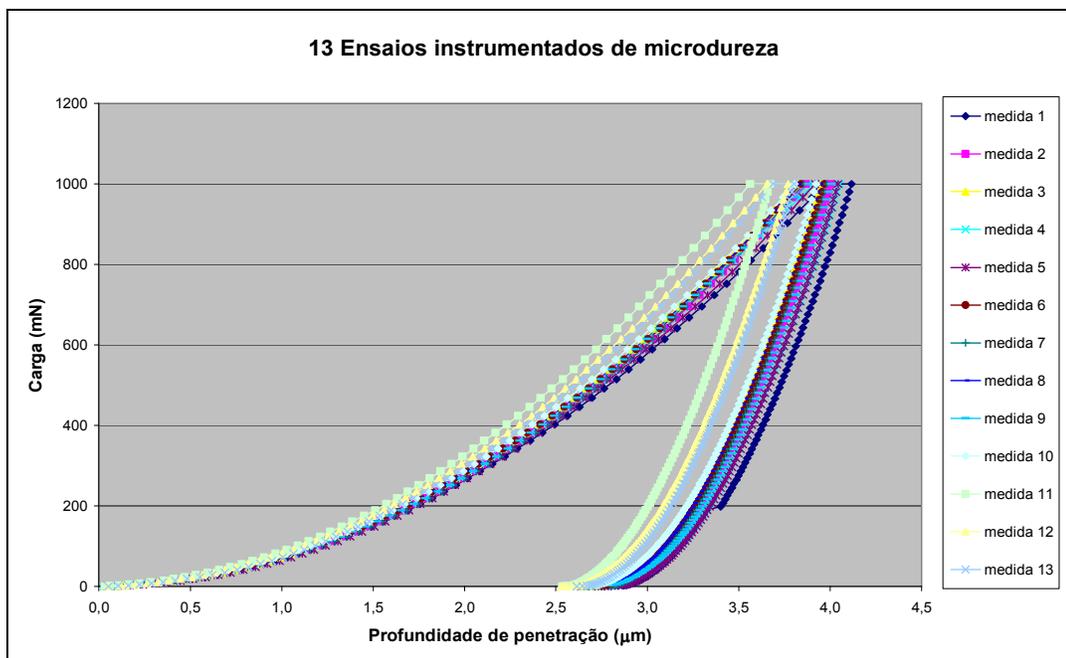


FIGURA 21a: Grupo II – Amostra 2 – Lado Irradiado

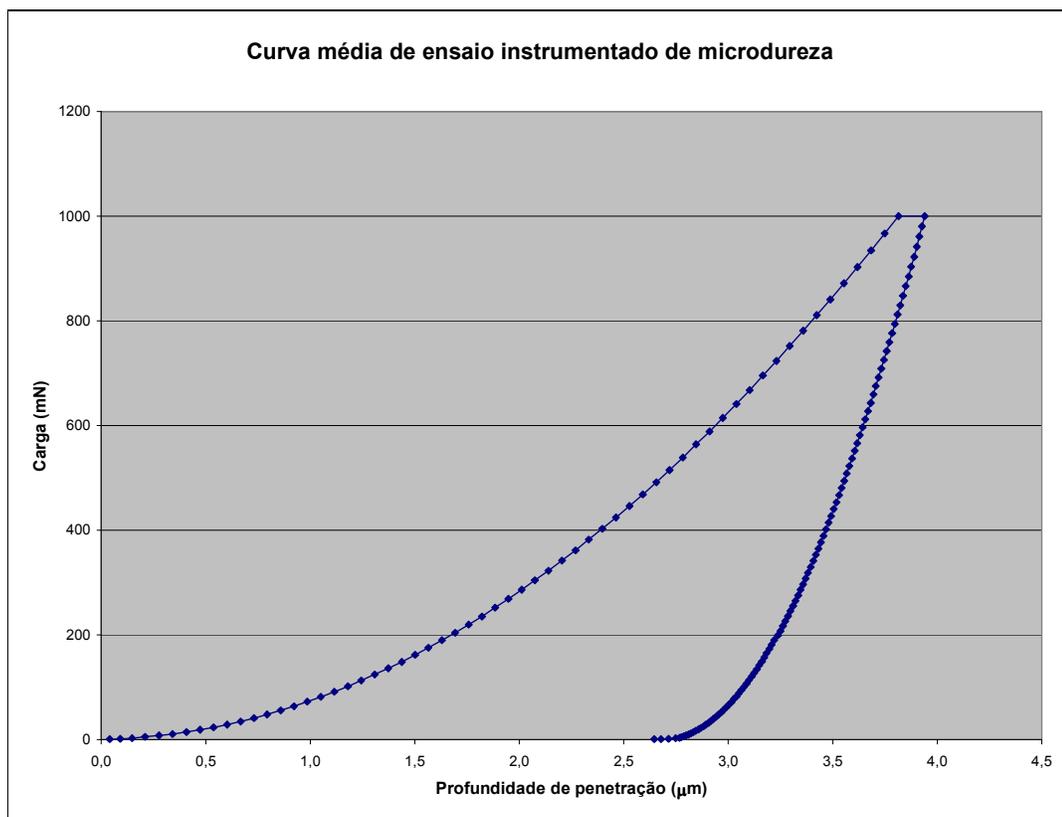


FIGURA 21b: Grupo II – Amostra 2 – Lado Irradiado

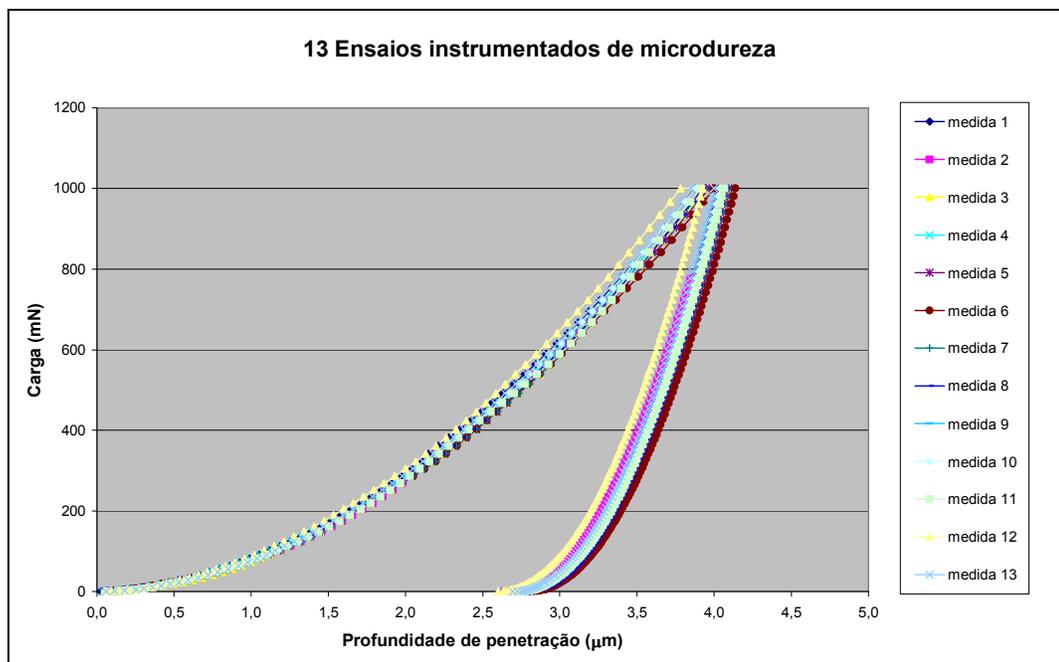


FIGURA 22a: Grupo II – Amostra 6 – Lado Controle

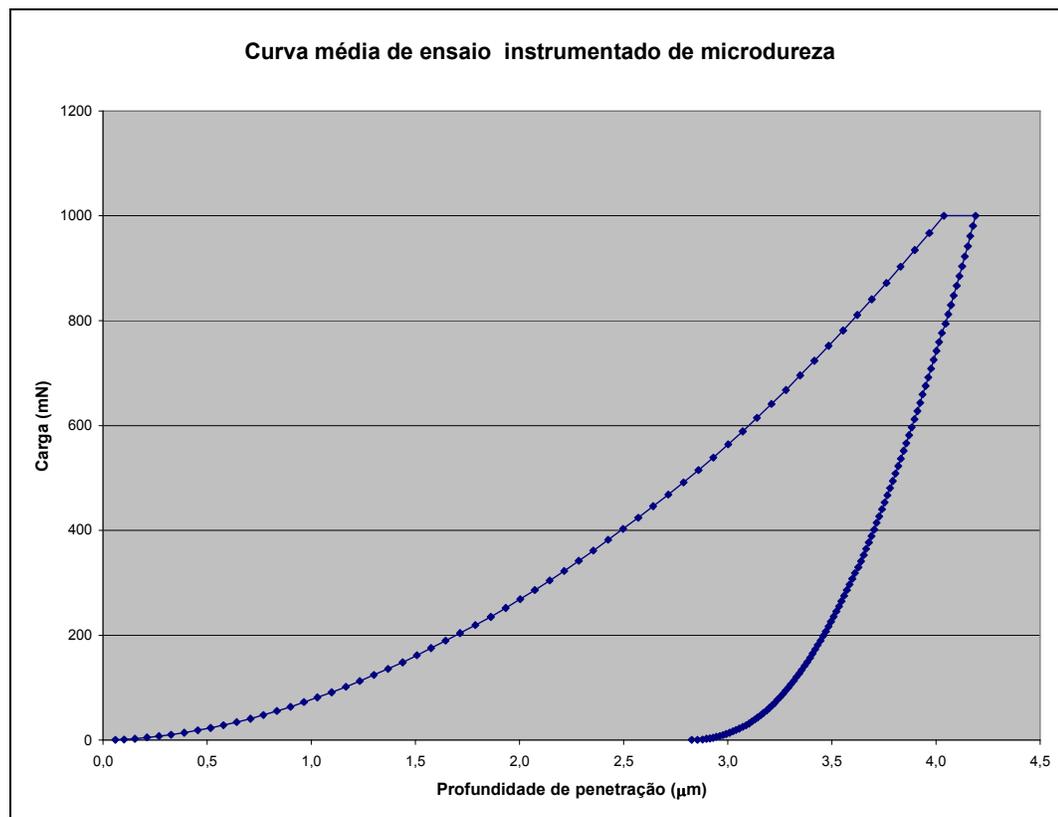


FIGURA 22b: Grupo II – Amostra 6 – Lado Controle

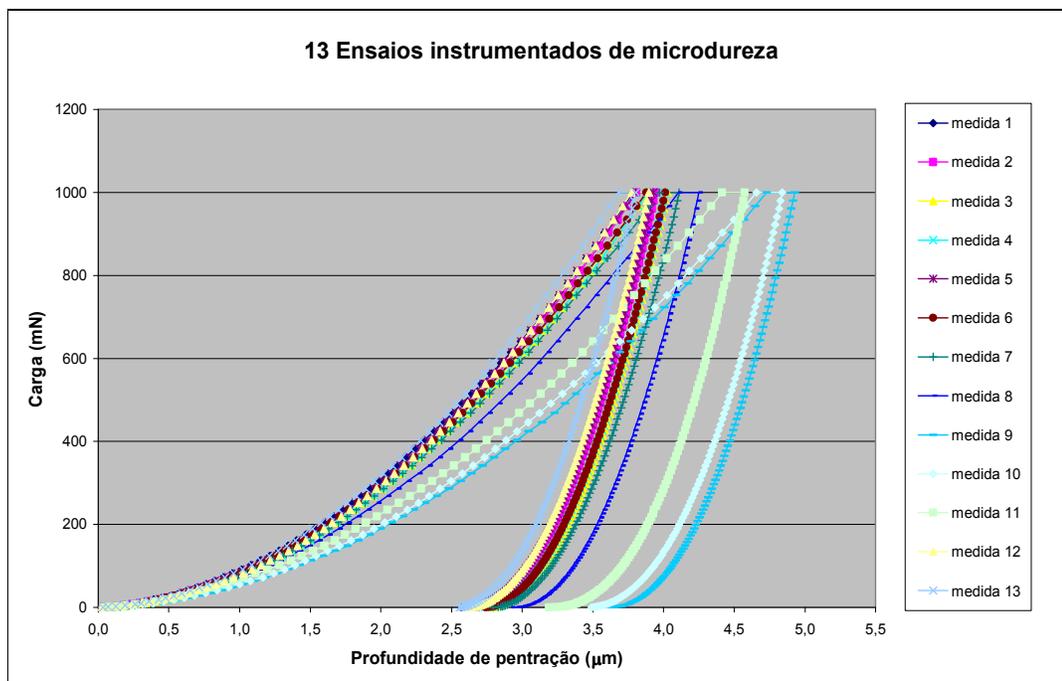


FIGURA 23a: Grupo II – Amostra 6 – Lado Irradiado

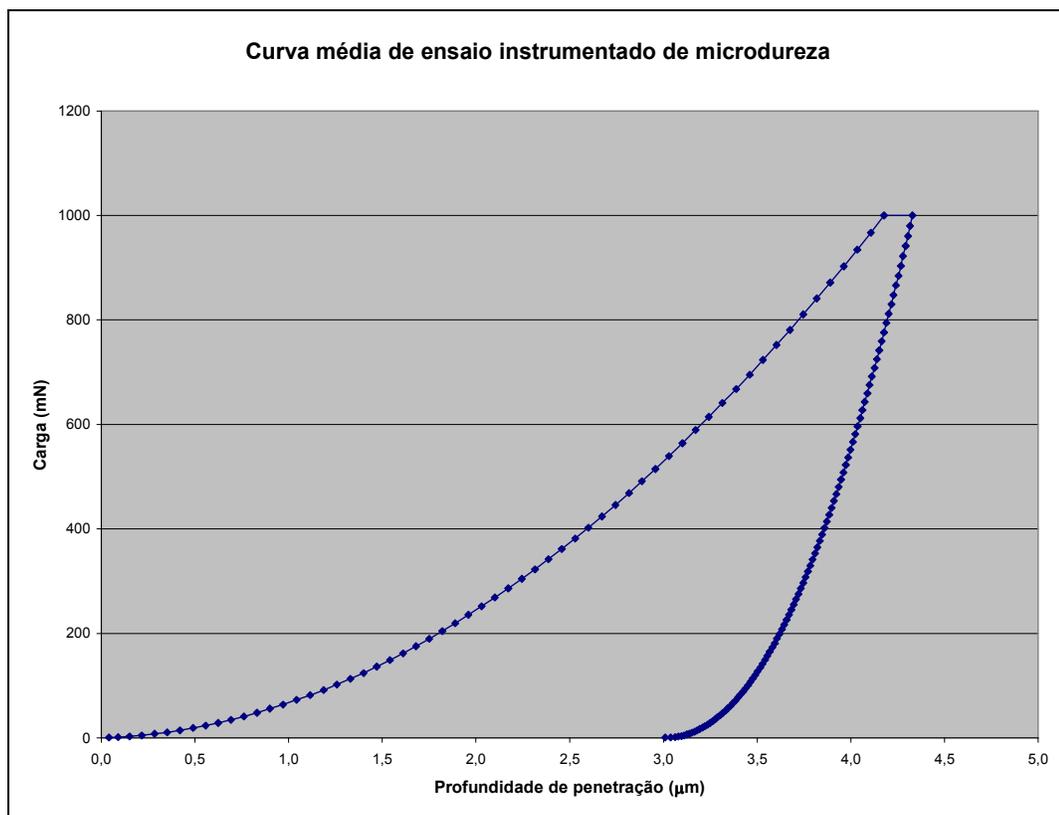
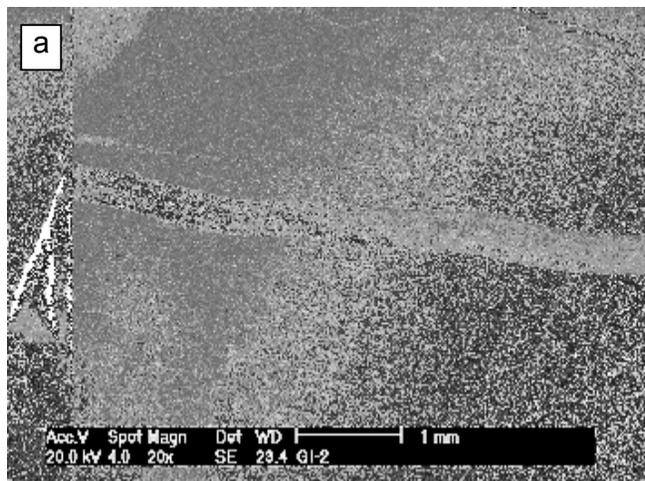
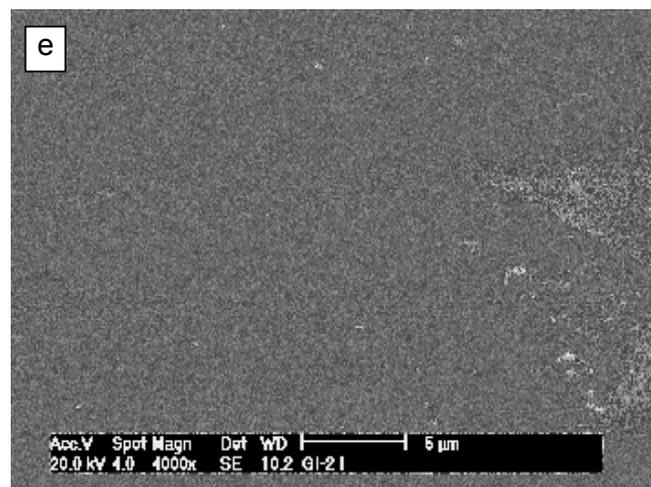
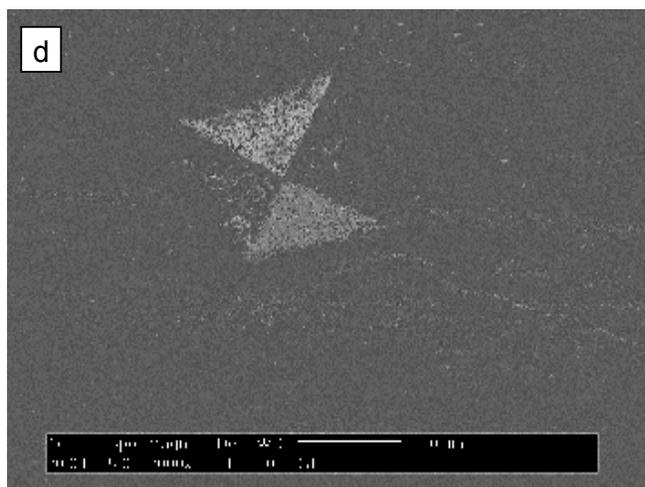
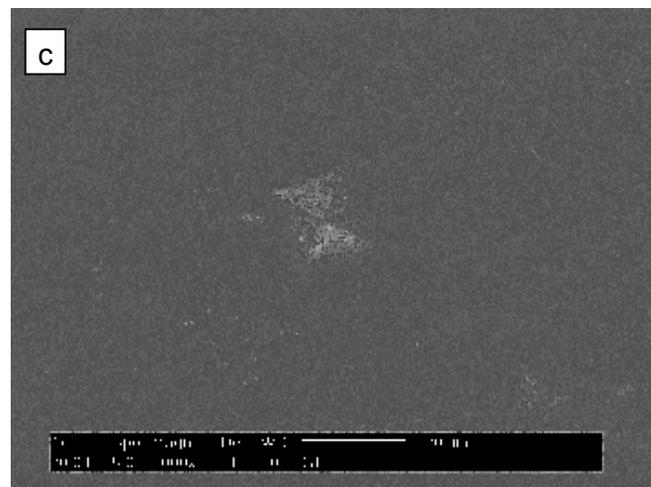
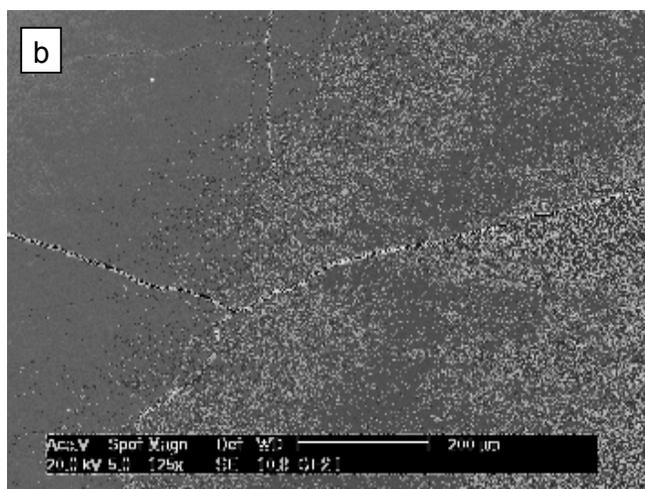


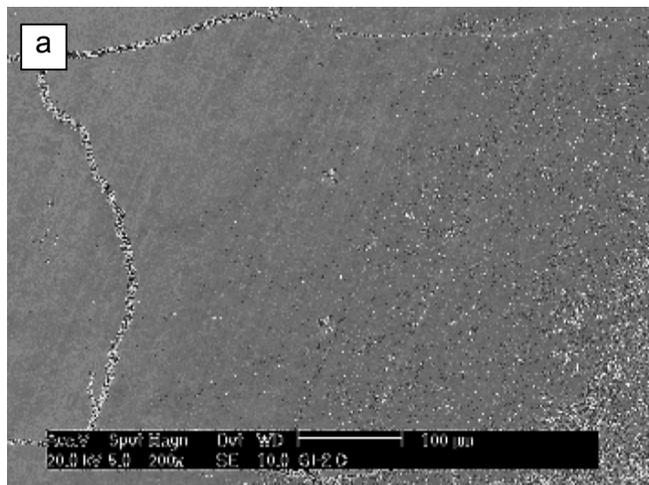
FIGURA 23b: Grupo II – Amostra 6 – Lado Irradiado

APÊNDICE C - Micrografias Eletrônicas de Varredura das amostras

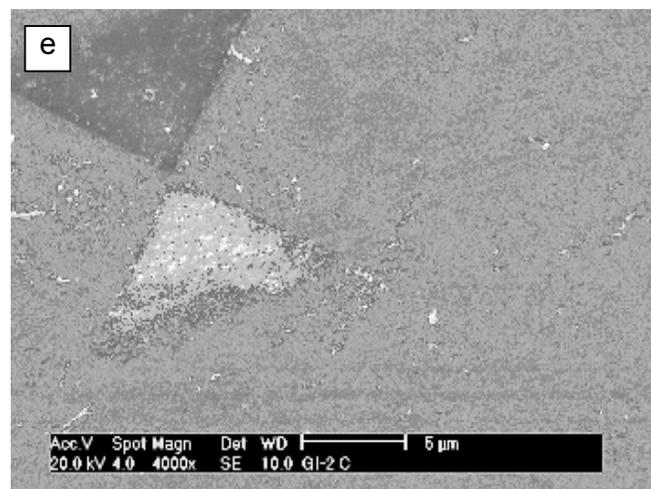
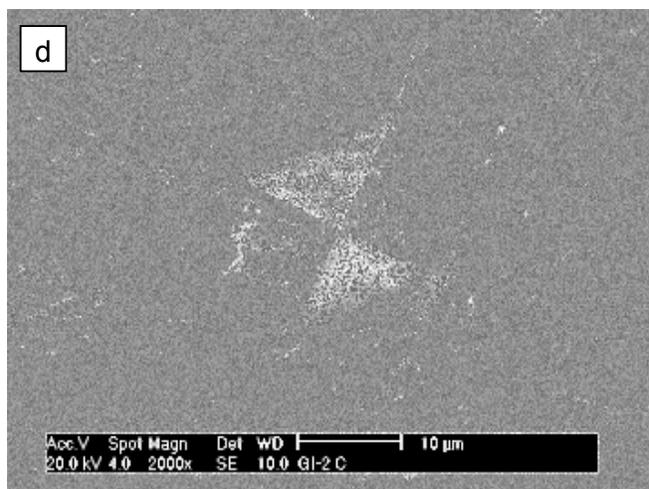
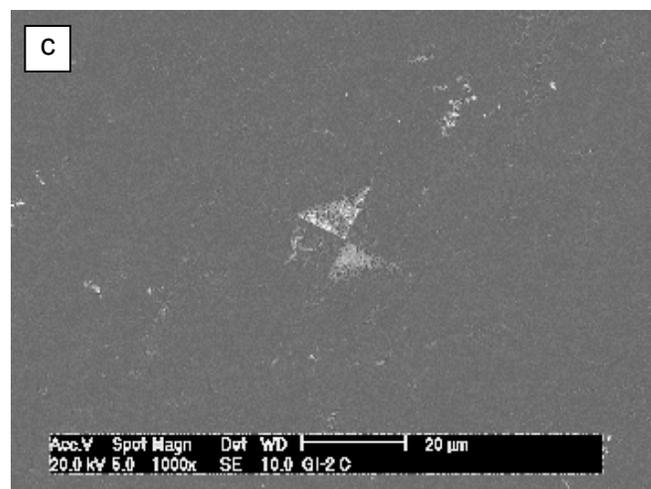
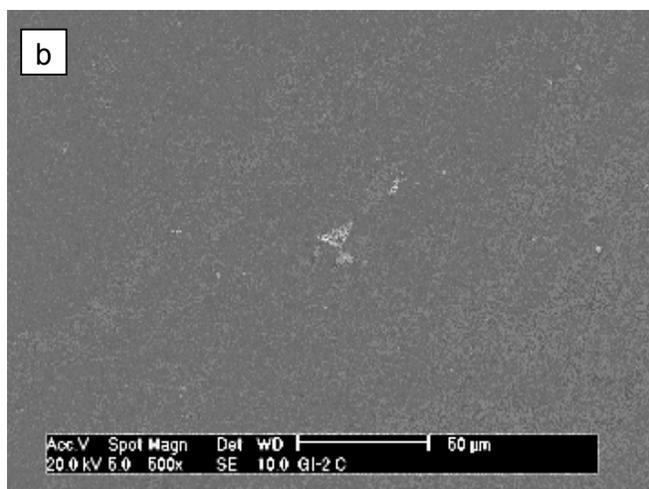


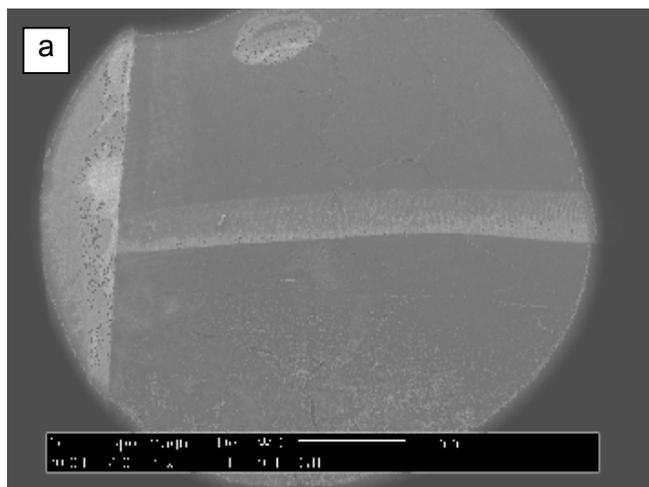
FIGURAS 24a, 24b, 24c, 24d e 24e: Em 24a , linha na amostra separando o Lado Controle do Lado Irradiado; em 24b, linha de impressões e 24c, 24d e 24e, impressões em diferentes aumentos, da amostra 2, do Grupo I, do Lado Irradiado



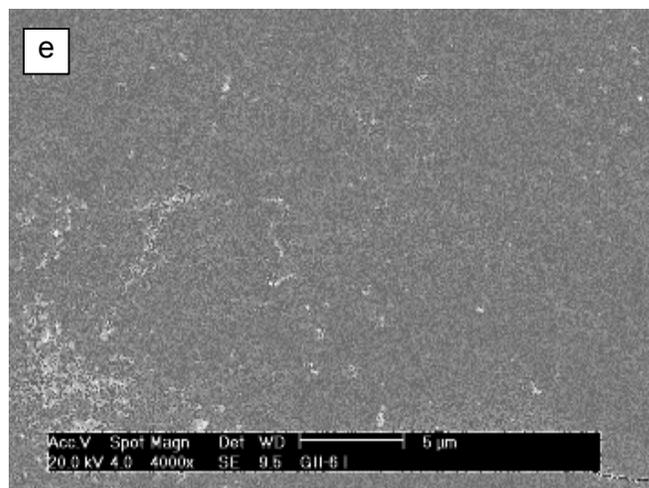
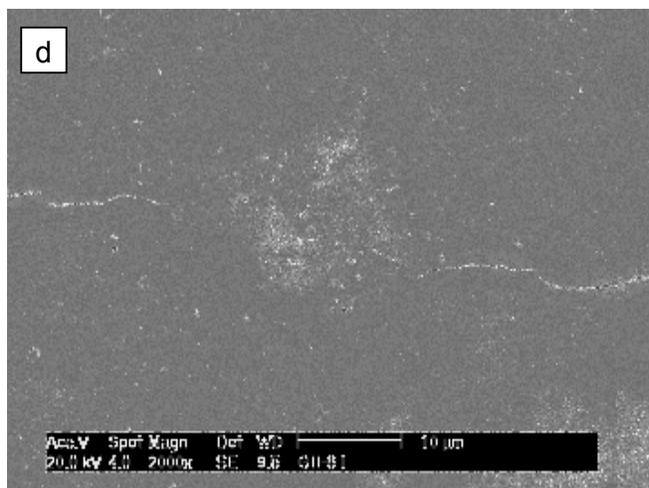
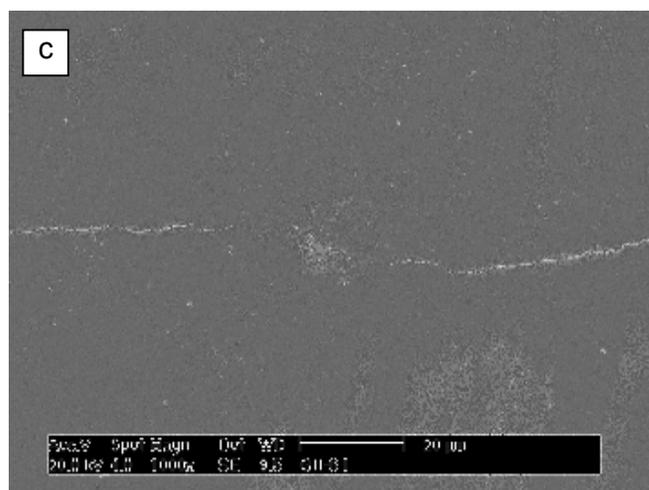
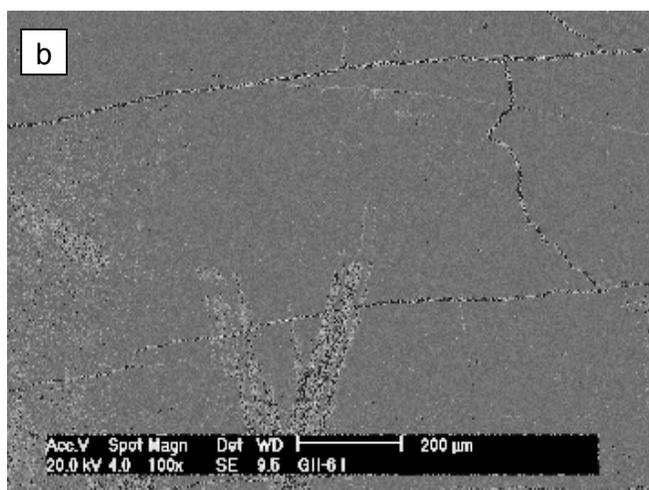


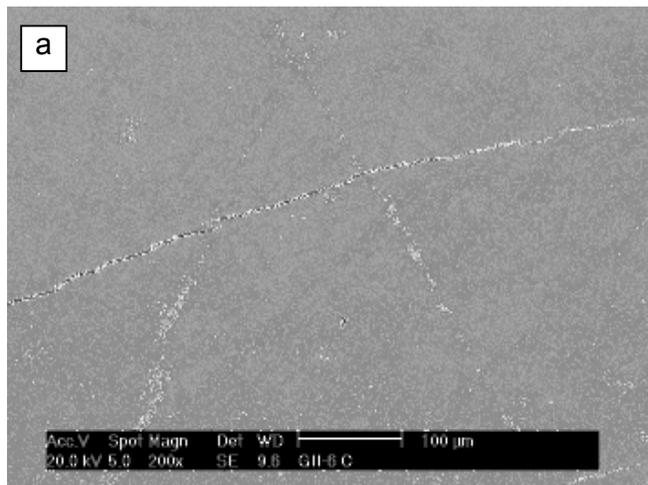
FIGURAS 25a, 25b, 25c, 25d e 25e: Em 25a , linha de impressões e 25b, 25c, 25d, 25e, impressões em diferentes aumentos da amostra 2, do Grupo I, do Lado Controle



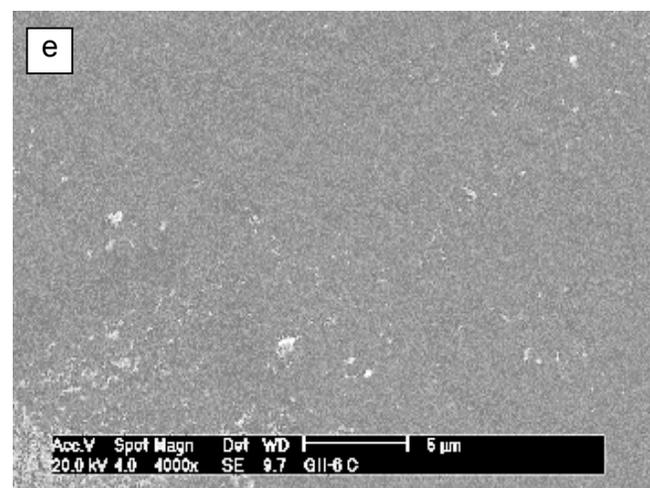
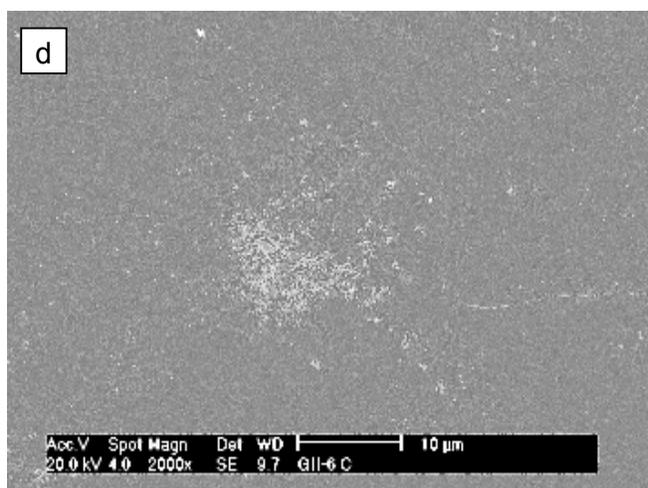
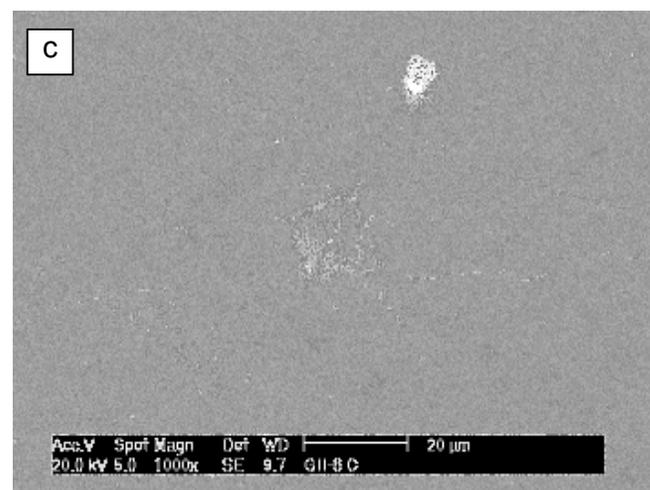
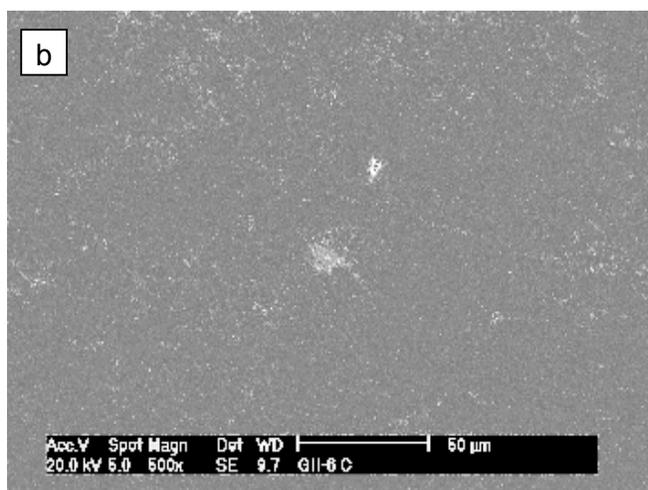


FIGURAS 26a, 26b, 26c, 26d e 26e: Em 26a, linha na amostra separando o Lado Controle do Lado Irradiado; em 26b, a linha de impressões e em 26c, 26d, 26e, impressões em diferentes aumentos, da amostra 6, do Grupo II, do Lado Irradiado





FIGURAS 27a, 27b, 27c, 27d e 27e: Em 27a, linha de impressões e em 26b, 26c, 26d, 26e, impressões em diferentes aumentos da amostra 6, do Grupo II, do Lado Controle



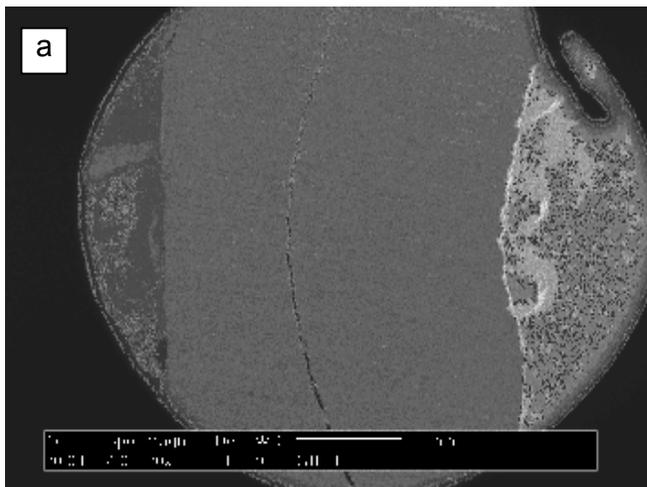


FIGURA 28: Corte transversal da amostra 6, do Grupo II mostrando a espessura do esmalte (1,2mm)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ATTIN, T.; KOIDL, U.; BUCHALLA, W.; SCHALLER, H. G.; KIELBASSA, A. M.; HELLWING, E. Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. **Arch. Oral Biol.**, Chicago, v. 42, n. 3, p. 243-250, 1997.
- 2 BONFIM, M. D. C.; ANAUATE NETTO, C.; YOUSSEF, M. N. Efeitos deletérios dos agentes clareadores em dentes vitais e não vitais. **JBC–Jornal Brasileiro de Odontologia Clínica**, Curitiba, v. 2, n. 9, p. 2531, 1998.
- 3 BARATIERI, L. N. et al. **Clareamento dental**. São Paulo: Ed. Santos, 1993. p.12-13.
- 4 BARROSO, M. C. S. **Estudo “in vitro” da ação do LED e laser de Diodo no clareamento dental**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante Lasers em Odontologia) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- 5 BASTING, R. T.; RODRIGUES JR., A. L.; SERRA, M. C. The effect of 10% carbamide peroxide bleaching material on microhardness of sound and demineralized enamel and dentin *in situ*. **Oper. Dent.**, Seattle, v.26, n.6, p.531-539, Nov./Dez. 2001.
- 6 BONK, P. A. **Avaliação da mudança da microdureza na superfície de esmalte dentário irradiada com laser de Hélio e modelamento das microexplosões**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências – Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- 7 FRANCO JÚNIOR, A. R. **Obtenção de revestimentos dúplex por nitreção a plasma e PVD – TiN em aços ferramenta AISI D2 AISI H13**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica de Materiais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- 8 FREEDMAN, G.; REYTO, R. Laser bleaching: a clinical survey. **Dent. Today**, Montclair , p. 106, May 1997.
- 9 HAYWOOD, V. B.; HEYMANN, O. H. Night guard vital bleaching: how safe is it ? **Quintessence Int.**, Berlin, v. 22, p. 515-523, 1991.
- 10 KIELBASSA, A. M. Irradiation effects on microhardness of fluoride and non-fluoride bovine dentin. **Eur. J. Oral Sci.**, Copenhagen, v. 105, p. 444-447, 1997.

- 11 MAGALHÃES, M. F. **Estudo “invitro” do uso do laser de Nd: YAG** na permeabilidade dentinária cervical. 2001. 143 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante *Lasers* em Odontologia) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- 12 MAIA, E. A. V. **Influência da concentração de dois diferentes agentes clareadores na microdureza do esmalte**: um estudo in situ. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- 13 MATTOS, A. S. **Avaliação “in vitro” das alterações química e morfológica da superfície do esmalte utilizando diferentes técnicas e clareamento dental**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante *Lasers* em Odontologia) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- 14 MCCracken, M. S.; Haywood, V. B. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. **J. Dent.**, Oxford, v. 24, p. 395-398, 1996.
- 15 MEURMAN, J. H.; TORKKO, H.; HIRVONEN, J.; KOSKINEN, J.; RYTOMAA, I. Application of a new mechanical properties microprobe to study hardness of eroded bovine enamel in vitro. **Scand J. Dent. Res.**, v. 98, n. 6, p. 568-570, 1990.
- 16 PINTAÚDE, G. **Análise dos regimes moderado e severo de desgaste abrasivo utilizando ensaios instrumentados de dureza**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- 17 RODRIGUES, J. A.; BASTING, R. T.; RODRIGUES JR., M. C. S. Efeito do peróxido de carbamida a 10% sobre a microdureza do esmalte em função do tempo de clareamento. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA, ODONTOLOGICA, 16, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998.
- 18 SEGHI, R. R.; DENRY, I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. **J. De Res.**, v. 71, n. 6, p. 1340-1344, 1992.
- 19 STRASSLER, H. E.; SCHERER, W; CALAMIA, JR. Carbamide peroxide at-home bleaching agents. An update. **N Y State Dent J.** Apr; 58 (4): 30-5, 1992
- 20 TAMES, D.; GRANDO, L. J.; TAMES, D. R. Alterações do esmalte dental submetido ao tratamento com peróxido de carbamida 10%. **Revista da APCD**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 145-149, mar./abr. 1998.

- 21 WHITE, J. M.; PELINO, J.E.P. **CERAMOPTEC**: Safety of diode laser
1bleaching. [S.l.: s.n., s.d.].
- 22 WHITE, J. M.; PELINO, J.E.P. **Ceramoptec effectiveness of diode laser
bleaching**. [S.l.: s.n., s.d.].