

Tecnologia de plasma na Odontologia: revisão de literatura

Plasma technology in dentistry: literature review

Mariana Porciuncula

Aluna da Especialização de Endodontia da UFRJ

Marília Santana de Oliveira Menezes

Mestranda do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFRJ

Heloisa Gusman

Professora Doutora Adjunta do Departamento de Clínica Odontológica da FO/UFRJ

Renata Antoun Simão

Professora Doutora Associada do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFRJ

Maíra do Prado

Pesquisadora Doutora do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFRJ

RESUMO

A presente revisão de literatura tem como objetivo realizar uma breve introdução ao plasma, abordando o que é, como ele é gerado, seu mecanismo de ação, assim como seu uso na Odontologia, nas diferentes especialidades. Apesar de ainda não estar disponível rotineiramente para uso clínico, estudos mostram que o plasma, quando utilizado em temperatura ambiente, se mostra como uma inovação promissora apresentando atividade antimicrobiana, efeitos positivos em relação à adesão, clareamento dental e osteointegração, sem gerar danos ao tecido oral. Estes efeitos estão relacionados ao tempo de aplicação e ao gás utilizado.

Palavras-chave: gases em plasma; descontaminação; adesividade; Odontologia.

ABSTRACT

This literature review aims to conduct a brief introduction to plasma, addressing what it is, how it is generated, its mechanism of action, as well as its use in dentistry, in different specialties. Although it is not yet routinely available for clinical use, studies have shown that the plasma, when used at room temperature, appears as a promising innovation featuring antimicrobial activity, positive effects in adhesiveness, tooth whitening and osseointegration, without causing oral tissue damage. These effects are related to application time and the gas used.

Keywords: plasma gases; decontamination; adhesiveness; dentistry.

Introdução

O plasma foi descoberto pelo físico britânico Sir William Crookes, em 1879. Entretanto, o termo “plasma” só foi utilizado em 1929, pelo químico americano Irving Langmuir (1, 2). Os plasmas físicos são gases ionizados (excitados), que contêm diferentes concentrações com baixo peso molecular de átomos reativos, íons e moléculas. Uma vez que os elétrons são retirados dos átomos e moléculas, essas partículas podem mudar de estado e tornarem-se plasma. Se essa energia dissipar, os elétrons se recolocarão e as partículas de plasma retornarão a forma de gás mais uma vez (1).

Plasmas térmicos e não térmicos são algumas das muitas classificações utilizadas (3). O plasma térmico é um fenômeno que ocorre na natureza (o fogo, por exemplo), já o plasma não térmico (ambiental ou frio) é aquele cuja composição e temperatura são ajustáveis em uma ampla gama de parâmetros, como: tipo de entrada de energia, potência de entrada, tipo de gás, pressão, composição do gás e outros (2, 3, 4). Na maioria dos casos, os plasmas frios são gerados por aplicação de um campo elétrico a um gás neutro ou a uma mistura de gases (3). Este tipo de plasma pode ser gerado a uma pressão baixa, atmosférica, ou a uma pressão alta, com diferentes temperaturas. O plasma não térmico consiste na ionização de um gás com uma densidade igual de cargas positivas e negativas que produzem partículas excitadas (5) e sua temperatura é, geralmente, inferior a 40°C no ponto de aplicação (1). Os métodos para produzir plasma incluem: descarga de barreira dielétrica, jato de plasma de pressão atmosférica, agulha de plasma e caneta/lápis de plasma. Os gases comumente usados para produzir plasma são o hélio (He), argônio (Ar), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), Heliox (mistura dos gases He e O₂) e ar (1, 2).

A aplicação dessa tecnologia viabiliza uma infinidade de interações químicas com materiais, podendo melhorar ou mesmo ativar suas superfícies. A ação do plasma nas superfícies pode se dar por: erosão (*etching*) ou ablação; deposição de filme fino; modificação da superfície química e/ou fisicamente; ativação e limpeza (3). O plasma age modificando as propriedades físicas e químicas das superfícies, sendo assim uma vantagem dessa tecnologia, pois permite a manutenção das características do interior dos materiais (2, 3, 5, 6).

Estudos recentes vêm propondo o emprego da tecnologia de plasma na Odontologia com diferentes finalidades. A presente revisão visa mostrar o seu uso nas diversas especialidades da Odontologia.

Revisão de Literatura Plasma na Odontologia

O plasma de pressão atmosférica e baixa temperatura têm sido usados em vários campos da Odontologia como Dentística, Endodontia, Implantodontia e Estomatologia, por meio de jatos e pelas canetas. As aplicações odontológicas incluem: tratamento de cárie dentária, esterilização, eliminação de biofilmes, desinfecção do canal radicular, aumento da força de união da dentina/composito, aumento da energia de superfície e clareamento dental (1).

Na Odontologia Restauradora

No que diz respeito à ação antimicrobiana do plasma, SLADEK *et al.* (7) realizaram uma aplicação do plasma, com uma mistura de He e Ar, através de uma agulha, a uma distância de 1mm do dente. Os tempos utilizados foram



de 39 segundos (190mV) e 45 segundos (220mV). O procedimento foi avaliado como seguro para a polpa e promissor na remoção de cáries, por não causar um aquecimento significativo durante o seu manuseio e ter boa capacidade bactericida, combinado com o fato do plasma não destruir material orgânico.

Em 2010, RUPF *et al.* (8) avaliaram a desinfecção de dentina por plasma. Verificou-se a irradiação de jato de plasma de $\text{He}/\text{O}_2/\text{N}_2$ a uma distância de 1,5mm da superfície da amostra por: 0,3; 0,6; e 0,9 s/mm². Quatro micro-organismos foram selecionados: *Lactobacillus casei*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans* e *Escherichia coli*. O estudo analisou a ação antimicrobiana do plasma em dois meios de cultura: placas de ágar e fatias de dentina. O tratamento se mostrou mais efetivo nas placas de ágar do que na dentina. Isto pode ser explicado pela penetração dos micro-organismos nos túbulos dentinários durante a secagem da amostra ou pelo transporte de micro-organismos para o interior da dentina pela pressão do jato de plasma. O *S. mutans* apresentou maior resistência ao plasma nos dois meios de cultura. Apesar disso, foi possível concluir que os efeitos diretos e indiretos do plasma promoveram uma eficácia antimicrobiana, podendo afirmar que existe uma correlação positiva entre tempo de irradiação e o efeito antimicrobiano do plasma.

BLUMHAGEN *et al.* (9) simularam uma infecção de cárie em esmalte por *Lactobacillus acidophilus* e *Streptococcus mutans*. Para isso, as bactérias foram inoculadas em baixas, médias e altas concentrações em discos de hidroxiapatita. Avaliou-se o uso do plasma de Ar a uma distância de 5mm das amostras. Em 13 segundos de exposição ao plasma houve esterilização dos discos que apresentavam a inoculação de baixa concentração. Entretanto, nos discos com alta concentração e em que havia maior densidade bacteriana, houve somente uma redução dessa concentração. Segundo as imagens da microscopia eletrônica de varredura, o plasma teve efeito principalmente na camada mais superficial da bactéria, pois os detritos bacterianos não permitiram que o efeito antimicrobiano alcançasse as camadas subjacentes e a adição de O_2 ao Ar não alterou a efetividade do tratamento.

No campo da Dentística, o plasma vem também sendo utilizado para melhorar a adesão, tanto na cimentação quanto nas restaurações diretas. A adesão do cimento a pinos de fibra mostrou melhora, após tratamento com plasma de etilenodiamina, o que não foi obtido com o plasma de Ar (6). Outro estudo (10) demonstrou uma melhora na adesão usando plasma de He com 2% de O_2 e plasma de ar comprimido. Entretanto, o tratamento não se mostrou duradouro quando exposto ao ar por uma hora ou mais, recomendando-se a cimentação imediata do pino após tratamento com plasma.

A cimentação de coroas de zircônia é um desafio na prática clínica. Neste sentido, CANULLO *et al.* (11) mostraram que uma exposição de 375 segundos ao plasma de Ar melhora a força de adesão do cimento resinoso à peça de zircônia. O padrão ouro para condicionamento de cerâmicas feldspá-

licas é o ácido hidrófluorídrico seguido de silano, entretanto, apesar de acessível, o manuseio do ácido hidrófluorídrico é laborioso para o dentista, devido a sua manipulação perigosa, e a sua remoção, que deve ser realizada com esmero. Nesse caso o plasma mostrou-se uma opção similar na melhora da força de adesão da cimentação (12).

RITTS *et al.* (13) investigaram os efeitos do tratamento do plasma de Ar nas superfícies de dentina para restauração de compósito. Verificou-se que os tratamentos de plasma da superfície dentinária periférica com 30 e 100 segundos promoveram um aumento na força de ligação interfacial, enquanto que um tratamento prolongado (5 minutos) mostrou uma diminuição desta força. O tratamento com plasma gerou uma ampliação na área da superfície de contato das fibras colágenas e aumento da sua hidrofília, possibilitando uma maior interação com o adesivo e resultando no aumento da força de adesão. Já em 2013, DONG *et al.* (14) avaliaram o efeito do plasma de Ar na penetração de adesivo por microscopia óptica e eletrônica e observaram uma maior penetração após esse tratamento, com aumento do comprimento dos tags resinosos dentro dos túbulos dentinários e diminuição de defeitos e vazios na interface adesivo/dentina.

Com relação ao efeito clareador, LEE *et al.* (15) compararam o clareamento dental externo e interno com o tratamento de plasma. O grupo controle foi tratado com H_2O_2 a 28% por 10 minutos, já o grupo experimental foi tratado com jato de plasma de $\text{He} + \text{H}_2\text{O}_2$ a 28% a cada 30 segundos por 10 minutos. O grupo experimental ficou visivelmente mais claro que o grupo controle. Além disso, o plasma duplicou a quantidade de radicais OH, o que explicaria os melhores resultados, pois é o oxigênio que promove as reações do clareamento dental.

Já PAN *et al.* (16) avaliaram o plasma de ar comprimido no clareamento dental sem associação ao gel clareador, comparando com o clareamento por H_2O_2 gel a 35%. Ambos foram aplicados por 20 minutos e durante o uso do plasma, a superfície dentária foi irrigada com soro fisiológico a cada 30 segundos. O tratamento com plasma obteve os melhores resultados. Isso demonstra que a geração de radicais livres, como oxigênio e hidroxila, em decorrência desse tratamento já é suficiente para um efeito clareador.

CLAIBORNE *et al.* (17), em 2014, concluíram que em dentes não vitais o clareamento dentário associando H_2O_2 a 36% com tratamento de plasma de He acelera e aumenta com segurança o processo do clareamento dental. Para verificar o clareamento, 10 minutos foram suficientes, mas tal resultado não pode ser generalizado para dentes vitais.

Na Endodontia

Um dos primeiros relatos da utilização de plasma na Endodontia ocorreu em 2004, quando WHITTAKER *et al.* (18) indicaram sua utilização para a esterilização de instrumentos endodônticos. Neste estudo, a tecnologia se mostrou benéfica na redução da quantidade absoluta de materiais proteicos e micro-organismos.

Já em relação ao emprego no tratamento endodôntico, o plasma vem sendo estudado devido à sua atividade antimicrobiana. ÜREYEN KAYA *et al.* (19) compararam a eficácia antimicrobiana de plasma atmosférico, sistema gasoso de ozônio e NaOCl 2,5% em paredes dos canais radiculares e túbulos dentinários infectados com *Enterococcus faecalis*. Foi utilizada uma mistura dos gases He e O₂ por 5 minutos, através de uma agulha introduzida dentro do canal radicular. A aferição de micro-organismos foi feita por meio de cones de papel para saber a quantidade remanescente na luz do canal e por remoção de raspas de dentina. Tanto o NaOCl quanto o plasma foram melhores do que o ozônio nos terços coronais e médio dos canais radiculares. Foi demonstrado que a eliminação de *Enterococcus faecalis* na luz do canal com NaOCl foi maior do que com o plasma. Todavia, dentro dos túbulos dentinários o plasma obteve uma eficácia antimicrobiana superior ao NaOCl no terço médio, onde há istmos, e um resultado semelhante nos terços cervical e apical. Desse modo, foi sugerido que o plasma pode ser um coadjuvante na eliminação de micro-organismos durante o tratamento endodôntico.

Em 2012, DU *et al.* (20) utilizaram a caneta de plasma com mistura de He e O₂ (Heliox) na embocadura dos canais durante 5, 10 e 15 minutos. Os canais foram infectados com *Enterococcus faecalis*. Concluiu-se que 5 minutos de tratamento não foram tão eficientes quanto os demais e que o efeito bactericida aumentava de acordo com o tempo de emissão do plasma.

PAN *et al.* (21) avaliaram, *in vitro*, a viabilidade do tratamento com plasma frio de Ar pré-misturado com O₂ a 5mm de distância do dente. Os grupos de maior tempo de exposição (8 e 10 minutos) obtiveram melhores resultados na eliminação do biofilme de *Enterococcus faecalis* do interior de canais infectados quando comparados ao tratamento com hidróxido de cálcio durante 7 dias. A análise por microscopia eletrônica de varredura mostrou ruptura na membrana da bactéria. A microscopia confocal indicou que o tratamento com plasma induziu a morte do *Enterococcus faecalis* e a destruição do biofilme. O plasma demonstrou ter capacidade de atingir profundamente os sítios infectados no sistema de canais radiculares.

SCHAUDINN *et al.* (22) relataram a eficácia do tratamento de plasma para reduzir as populações de biofilmes *ex vivo* no canal radicular. Três dentes foram extraídos e os conteúdos intracanaís foram cuidadosamente removidos e cultivados. Dentes foram contaminados com este biofilme e foi observado que a remoção do biofilme pelo plasma de Heliox era menor do que a obtida no tratamento com NaOCl 6%. Foi constatado que a presença visível da chama de plasma no canal radicular não é suficiente para eliminar eficientemente biofilme bacteriano (22).

HABIB *et al.* (23) realizaram um estudo para investigar os efeitos do plasma atmosférico de Ar e O₂ em um biofilme de *Enterococcus faecalis* nos canais de dentes humanos. Foram utilizados 24 dentes, que foram instrumentados e apli-

cados o plasma durante 2 minutos. Devido à sua fase gasosa, o plasma foi capaz de penetrar profundamente nos locais infectados no complexo sistema de canais radiculares. Os testes em cultura mostraram que o tratamento de plasma foi capaz de eliminar cerca de 97% dos micro-organismos. O tratamento nesse tempo se mostrou muito eficaz na redução da viabilidade e atividade metabólica da bactéria. O plasma atmosférico demonstrou ser tão eficaz como a irrigação com NaOCl a 6%.

Na Implantodontia

Na Implantodontia o plasma pode atuar modificando quimicamente a superfície estrutural ou alterando a textura do implante (aumento da rugosidade e da molhabilidade). O aumento da rugosidade e hidrofília permite um maior contato com os tecidos ao redor do implante durante o estágio inicial pós-cirúrgico, proporcionando uma formação óssea mais rápida. É necessário que após o tratamento, o implante seja imediatamente colocado. O aumento da energia de superfície demonstrou uma melhor adesão com os osteoblastos, permitindo uma proliferação e mineralização de qualidade. Tal fato foi comprovado após aplicação de plasma de Ar em implante dentário de titânio por 60 segundos (24). O plasma alterou a textura do implante, levando a uma melhora na interação inicial com o tecido conjuntivo na primeira semana e a formação mais uniforme e em maior quantidade de osso ao redor do implante após três semanas de implantação em cães.

Já DA SILVA *et al.* (25) avaliaram implantes de titânio, que receberam tratamento com plasma de N₂, H₂ e metano, em ratos, e observaram uma melhora na rugosidade da superfície e na molhabilidade do material. Também foi possível verificar um aumento na adesão e na proliferação de osteoblastos.

Na Estomatologia

Devido a resultados promissores em relação ao efeito bactericida, LIU *et al.* (26) realizaram um estudo na mucosa oral de coelhos para avaliar possíveis danos teciduais. Os autores aplicaram plasma de He/O₂ na mucosa normal do animal durante 10 minutos para eliminar biofilme de *Porphyromonas gingivalis*. A conclusão foi satisfatória quanto ao efeito bactericida e não houve nenhuma modificação patológica na mucosa tornando o uso do jato de plasma, a 10mm de distância, uma possibilidade futura em tratamento de pacientes na área de Estomatologia.

Conclusão

O emprego da tecnologia de plasma vem demonstrando resultados promissores na Odontologia. Seus efeitos benéficos podem ser relacionados ao tempo de aplicação e ao tipo de gás utilizado. Entretanto, existe ainda a necessidade de tornar o custo desta tecnologia mais acessível para que possa, assim, ser utilizada em consultórios e clínicas odontológicas. 

Referências ::

1. ARORA, V, NIKHIL, V, SURI, NK, et al. Cold Atmospheric Plasma (CAP) in Dentistry. *Dentistry*. 2014;4(1):189-93.
2. CHA, S, PARK, Y-S. Plasma in dentistry. *Clinical Plasma Medicine*. 2014;2(1):4-10.
3. VON WOEDTKE, T, REUTER, S, MASUR, K, et al. Plasmas for medicine. *Physics Reports*. 2013;530(4):291-320.
4. KIM, GC, LEE, HW, BYUN, JH, et al. Dental Applications of Low-Temperature Nonthermal Plasmas. *Plasma Processes and Polymer*. 2013;10:199-206.
5. CHERUTHAZHEKATT, S, CERNÁK, M; SLAVÍČEK, P, et al. Gas plasmas and plasma modified materials in medicine. *Journal of Applied Biomedicine*. 2010;8(2):55-66.
6. COSTA DANTAS, MC, DO PRADO, M, COSTA, VS, et al. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. *Journal of Endodontics*. 2012;38(2):215-8.
7. SLADEK, REJ, STOFFELS, E, WALRAVEN, R, et al. Plasma treatment of dental cavities: a feasibility study. *IEEE Transaction on Plasma Science* 2004;32(4):1540-3.
8. RUPF, S, LEHMANN, A, HANNIG, M, et al. Killing of adherent oral microbes by a non-thermal atmospheric plasma jet. *Journal of Medical Microbiology*. 2010;59:206-12.
9. BLUMHAGEN, A, SINGH, P, MUSTAPHA, A, et al. Plasma deactivation of oral bacteria seeded on hydroxyapatite disks as tooth enamel analogue. *American Journal of Dentistry*. 2014;27(2):84-90.
10. YE, H, ZHANG, Q, SUN, K, et al. Aging effects of fiber post surface treatment with nonthermal plasma. *The International Journal of Prosthodontics*. 2012;25(5):509-11.
11. CANULLO, L, MICARELLI, C, BETTAZZONI, L, et al. Zirconia-composite bonding after plasma of argon treatment. *The International Journal of Prosthodontics* 2014;27(3):267-9.
12. HAN, GJ, CHUNG, SN, CHUN, BH, et al. Effect of the applied power of atmospheric pressure plasma on the adhesion of composite resin to dental ceramic. *The Journal of Adhesive Dentistry* 2012;14(5):461-9.
13. RITTS, AC, LI, H, YU, Q, et al. Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. *European Journal of Oral Sciences* 2010;118(5):510-6.
14. DONG, X, RITTS, AC, STALLER, C, et al. Evaluation of plasma treatment effects on improving adhesive/dentin bonding by using the same tooth controls and varying cross-sectional surface areas. *European Journal of Oral Sciences* 2013;121(4):355-62.
15. LEE, HW, KIM, GJ, KIM, JM, et al. Tooth bleaching with nonthermal atmospheric pressure plasma. *Journal of Endodontics* 2009;35(4): 587-91.
16. PAN, J, SUN, P, TIAN, Y, et al. A novel method of tooth whitening using cold plasma microjet driven by direct current in atmospheric pressure air. *IEEE Transactions on Plasma Science* 2010;38(11):3143-51.
17. CLAIBORNE, D, MCCOMBS, G, LEMASTER, M, et al. Low-temperature atmospheric pressure plasma enhanced tooth whitening: the next-generation technology. *International Journal of Dental Hygiene* 2014;12(2):108-14.
18. WHITTAKER, AG, GRAHAM, EM, BAXTER, RL, et al. Plasma cleaning of dental instruments. *Journal of Hospital Infection* 2004;56(1):37-41.
19. ÜREYEN KAYA, B, KECECI, AD, GÜLDAŞ, HE, et al. Efficacy of endodontic applications of ozone and low-temperature atmospheric pressure plasma on root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Letters in Applied Microbiology*. 2014; 58 (1): 8-15.
20. DU, T, MA, J, YANG, P, et al. Evaluation of antibacterial effects by atmospheric pressure nonequilibrium plasmas against *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*. 2012;38(4):545-9.
21. PAN, J, SUN, K, LIANG, Y, et al. Cold plasma therapy of a tooth root canal infected with *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *Journal of Endodontics* 2013;39(1):105-10.
22. SCHAUDINN, C, JARAMILLO, D, FREIRE, MO, et al. Evaluation of a nonthermal plasma needle to eliminate ex vivo biofilms in root canals of extracted human teeth. *International Endodontic Journal* 2013;46(10):930-7.
23. HABIB, M, HOTTEL, TL, HONG, L. Antimicrobial effects of non-thermal atmospheric plasma as a novel root canal disinfectant. *Clinical Plasma Medicine* 2014;2(1):17-21.
24. COELHO, PG, GIRO, G, TEIXEIRA, HS, et al. Argon-based atmospheric pressure plasma enhances early bone response to rough titanium surfaces. *Journal of Biomedical Materials Research* 2012;100(7 Part A): 1901-6.
25. DA SILVA, JS, AMICO, SC, RODRIGUES, AO, et al. Osteoblastlike cell adhesion on titanium surfaces modified by plasma nitriding. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2011;26(2):237-44.
26. LIU, D, XIONG, Z, DU, T, et al. Bacterial-killing effect of atmospheric pressure non-equilibrium plasma jet and oral mucosa response. *Journal of Huazhong University of Science and Technology (Medical Sciences)*. 2011;31(6):852-6.

Recebido em: 01/08/2014 / Aprovado em: 04/09/2014

Maira do Prado

Cidade Universitária, Centro de Tecnologia – Bloco F, sala F-201 - Ilha do Fundão - Caixa Postal: 68505

Rio de Janeiro/RJ, Brasil – CEP: 21941-972

E-mail: maira@metalmat.ufrj.br