



Vladimir  
Airoidi ao  
lado do reator  
de fabricação  
de diamantes

# Trajectoria vitoriosa

Vladimir Airoidi, da Clorovale,  
exporta brocas de diamante  
sintético e ganha Prêmio Finep

Desde que retornou ao Brasil no início de 1991, após o término de um pós-doutorado no Laboratório de Propulsão a Jato da agência espacial norte-americana (Nasa), o físico Vladimir Jesus Trava Airoidi decidiu conduzir seus projetos de pesquisa com um propósito muito bem definido – o de que eles tivessem ao mesmo tempo um alto nível científico e alto potencial de aplicação.

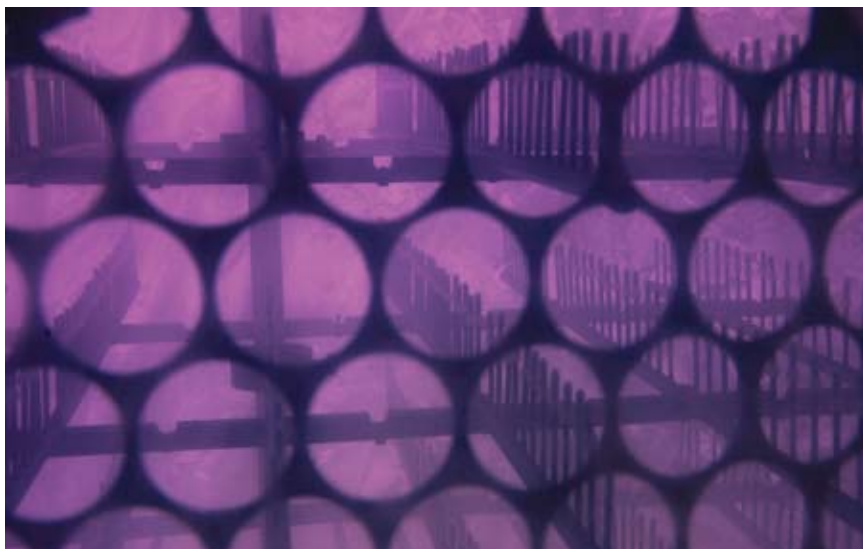
Ao retomar o trabalho no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em São José dos Campos, no interior paulista, seu primeiro projeto foi o desenvolvimento de diamantes sintéticos para aplicações no espaço e na indústria. “Na época os estudos de diamantes sintéticos ainda eram muito teóricos, não dava para ter a dimensão exata do que eles representariam”, diz Airoidi. O que se sabia é que era um material com compatibilidade biológica e química, com o menor coeficiente de atrito entre os materiais sólidos e, por isso, seria possível usá-lo como lubrificante sólido em dobradiças de painéis solares de satélites.

Além disso, era um material com condutividade térmica mais elevada do que todos os outros materiais e com um grande intervalo de transmissão óptica, que abrange desde o infravermelho até o raio X, possibilitando aplicações em ferramentas de corte e abrasão, protetores de superfícies contra corrosão química, ferramental médico-odon-

tológico e outras. A ideia inicial era desenvolver diamantes sintéticos para a área espacial, como dissipadores de calor, lubrificantes sólidos e protetores ópticos. Mas isso era considerado pouco para o pesquisador. “Desde o início o projeto foi lançado como um gerador de *spin-offs*, empresas que utilizassem a tecnologia”, disse Airoidi.

Duas décadas depois, em dezembro do ano passado, Airoidi recebeu o Prêmio Finep de Inovação 2011 na categoria Inventor Inovador, da Financiadora de Estudos e Projetos, como reconhecimento pelo seu trabalho. Atualmente, o pesquisador tem 12 patentes depositadas e os artigos científicos publicados pelo seu grupo de pesquisa somam mais de uma centena e meia. O grupo agrega 30 pessoas, entre pesquisadores, alunos e pós-doutorandos.

Um dos desdobramentos do projeto inicial foi a criação da empresa Clorovale Diamantes, em 1997, para produzir pontas de diamante sintético destinadas a brocas odontológicas. Essas brocas, acopladas a aparelhos de ultrassom em substituição aos tradicionais de rotação, são vendidas para o mercado interno e externo. “Somos a única empresa no mundo a empregar o diamante CVD na área de odontologia”, diz Airoidi. O diamante CVD (*chemical vapor deposition*, ou deposição química na fase vapor) é produzido com gases como hidrogênio e metano. A patente



Pontas de diamante sintético recebem tratamento de gás plasma dentro do reator

já foi concedida nos principais mercados do mundo, a exemplo dos Estados Unidos, Europa, Austrália, Japão e China.

Airoidi relata que no início enfrentou a desconfiança de institutos financiadores de pesquisa, que não queriam apoiar projetos com teor de aplicação elevado, e a decepção com os empresários de indústrias das áreas médica, odontológica e de metalurgia, procurados por ele para a apresentação da tecnologia que necessitava de investimentos para seguir em frente. “O período de 1991 a 1997 foi muito sombrio, mas continuei firme e tivemos a aprovação do projeto Pipe pela FAPESP que deu início à Clorovale”, relata. O projeto na modalidade Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), na sua avaliação, foi o grande catalisador de todo o processo, já que permitiu criar a empresa. Desde então teve aprovados outros quatro projetos pela FAPESP na mesma modalidade, além de dois projetos temáticos e três auxílios regulares a pesquisa para sua área de pesquisa no Inpe.

## O fundo Criatec, um dos três sócios investidores, detém 35% do capital da empresa

A escolha da odontologia como primeira aplicação industrial para o diamante sintético foi fruto de uma estratégia baseada no grau de instrução elevado dos dentistas e do fato de que eles precisam de produtos com tecnologia agregada para ter um diferencial no consultório. “Mesmo assim, quando começamos a vender o nosso produto em 2003 enfrentamos muitas dificuldades”, diz Airoidi. “Vendemos o suficiente para sobreviver até 2011, quando conseguimos dobrar o nosso faturamento.” Até então o faturamento se mantinha constante na casa dos R\$ 700 mil. Os ventos favoráveis só começaram a soprar efetivamente em 2009, quando a Clorovale começou a exportar o produto após receber a aprovação da União Europeia.

Em 2010, a empresa ganhou um novo fôlego no modelo de negócios com o apoio do Criatec, um fundo de investimentos de capital semente criado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em parceria com o Banco do Nordeste do Brasil. O Criatec entrou como sócio e detém 35% do capital da empresa. Atualmente a Clorovale conta com nove sócios, três dos quais são sócios investidores, e 23 funcionários. Na avaliação de João Furtado, membro da Coordenação Adjunta de Pesquisa para Inovação da FAPESP e professor da Escola Politécnica da USP, as principais qualidades de Airoidi são a tenacidade e a determinação. “Ele não esmoreceu nem mesmo em alguns momentos muito difíceis.”

Para Furtado, não basta apenas uma boa ideia. “Um empreendimento é feito por um trabalho árduo, sistemático e planejado.” Além disso, outra qualidade que contribuiu para o sucesso do empreendimento foi colocá-lo em outra perspectiva, além da científica e tecnológica.

“Ao longo do tempo, Airoidi conseguiu entender melhor o mercado e sua dinâmica e compreendeu que a abordagem envolvia diversas dimensões.”

### ADESÃO METÁLICA

O pesquisador diz que as vantagens do uso do diamante em aparelhos de ultrassom não foram criadas pelo seu grupo de pesquisa. “Dentistas já haviam relatado na década de 1950 que o uso de brocas em aparelho de ultrassom para fazer o preparo de cavidades do dente era mais indolor que o método tradicional e não provocava sangramentos”, diz.

Mas a técnica relatada não evoluiu porque não havia na época uma ponta de diamante que pudesse suportar a ação do ultrassom quando este colide com o tecido duro, composto pelo esmalte e dentina. “Essa foi a grande sacada nossa e meu trabalho foi justamente fazer o diamante sintético nascer e crescer em uma superfície metálica”, relata. Mas isso não bastava. Era necessário que ele estivesse extremamente aderente. “A adesão do diamante à área metálica é a parte mais importante do invento, o objeto da patente.” Por trás do segredo estão vários



Dois entre os mais de 30 modelos de pontas odontológicas



Broca para perfuração de poços com pedaços de diamante na ponta

## OS PROJETOS

1. Desenvolvimento de dispositivos em diamante CVD para aplicações de curto prazo – nº 1997/07227-6
2. Novos materiais, estudos e aplicações inovadoras em diamante CVD e *diamond-like-carbon* (DLC) – nº 2001/11619-4
3. Diamante CVD para um novo conceito de ferramentas de alto desempenho para perfuração e corte – nº 2006/60821-4
4. Filmes de DLC para aplicações em superfícies antibacteriana, antiatrito, espaciais, industriais e para tubos de perfuração de poços de petróleo nº 2006/60822-0

### MODALIDADE

1. 3 e 4. Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe)
2. Projeto Temático

### COORDENADORES

1. Kiyoe Umeda (Clorovale)
2. Vladimir Airoidi (Inpe/Clorovale)
3. Leônidas Lopes de Melo (Clorovale)
4. Alessandra Venâncio Diniz (Clorovale)

### INVESTIMENTO

1. R\$ 329.585,13 (FAPESP)
2. R\$ 576.456,12 (FAPESP)
3. R\$ 550.661,41 (FAPESP)
4. R\$ 505.917,65 (FAPESP)

desenvolvimentos, como densidade do gás utilizado, preparação da superfície no substrato, temperatura, composição e pressão interna dos reatores.

Hoje são mais de 30 modelos de pontas odontológicas desenvolvidas a pedido de dentistas e professores. Elas podem ser usadas em remoção de cáries, no desgaste e acabamento de dentes, em processos de corte ósseo para implante de dentes. Vários laboratórios dentro de universidades ensinam os alunos a trabalhar com a tecnologia de pontas de diamante CVD com ultrassom. “O primeiro curso de odontologia ultrassônica do planeta foi criado na Universidade de São Paulo em Bauru”, diz Airoidi. Atualmente, a USP de Bauru conta com dois cursos, um para a área de dentística e outro para a de odontopediatria. A Faculdade de Odontologia da USP de São Paulo e a Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista (Unesp) em Araraquara e São José dos Campos também têm cursos similares.

O diamante sintético não se limita apenas a aplicações odontológicas. Outra linha de pesquisa na empresa, feita em colaboração com o Inpe, são os dia-

mantas sintéticos amorfos, cuja estrutura de carbono não é tão bem organizada como os cristalinos. Os amorfos não têm a mesma dureza que os cristalinos, mas ainda assim são mais duros do que todos os metais conhecidos. A vantagem é que, enquanto o diamante cristalino cresce no máximo até centímetros, portanto pode ser usado apenas em peças muito pequenas, o amorfo atinge proporções da ordem de metros. Excelente bactericida, ele pode ser empregado tanto em ferramentas usadas em cirurgias ortopédicas como para revestimentos em prótese de joelho e de válvulas do coração.

### MAIS DURÁVEL E ESTÁVEL

Os diamantes sintéticos amorfos também foram utilizados em brocas de perfuração para poços de petróleo testadas pela Petrobras. As brocas tradicionais de perfuração já usam um pó de diamante nas pontas. Na pesquisa desenvolvida pela Clorovale, pequenos tarugos (pedaços) de diamante sintético são incorporados à ponta da broca. No primeiro ensaio, uma broca de pequenas dimensões, feita com tarugos de diamante de até 20 milímetros de comprimento por 2 milímetros, foi testada na perfuração de poços de água.

Os resultados foram alentadores. A broca mostrou ter durabilidade duas vezes e meia maior, além de cortar 30% mais rápido e dar maior estabilidade ao eixo de perfuração do que a convencional com pó de diamante. A Petrobras decidiu testar a tecnologia para perfuração em poços profundos de petróleo e ficou satisfeita com o resultado. Diante disso, encomendou outros dois protótipos de brocas à Clorovale e está se preparando para fazer testes mais conclusivos ainda no primeiro semestre deste ano.

Os diamantes amorfos podem ser depositados também em grandes superfícies. A sua aplicação enriquece as propriedades químicas, físicas e mecânicas de materiais como o aço, por exemplo. A criação de outros produtos além das brocas odontológicas é, na avaliação de Furtado, a terceira grande qualidade do empreendimento, acompanhada da determinação e da visão de mercado. “O pesquisador compreendeu que o programa Pipe pode ser um auxílio permanente e, por meio dele, é possível alargar os horizontes tecnológicos da empresa com novos desafios e novas competências. ■ Dinorah Ereno