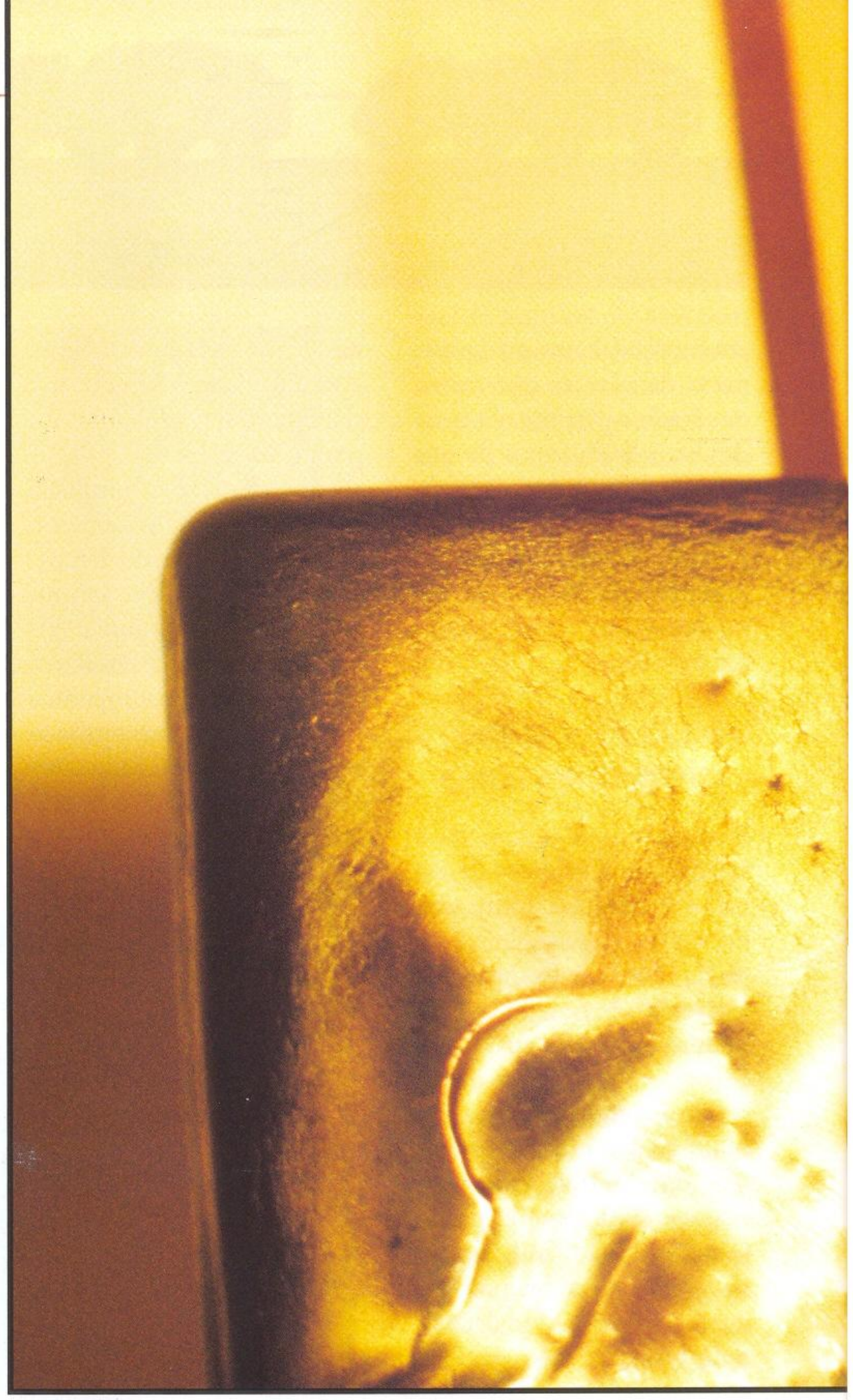
NOVOS MATERIAIS

Muito além do vidro

Pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos produzem materiais vítreos que podem ser usados em telescópios, fogões *high-tech* e ossos artificiais

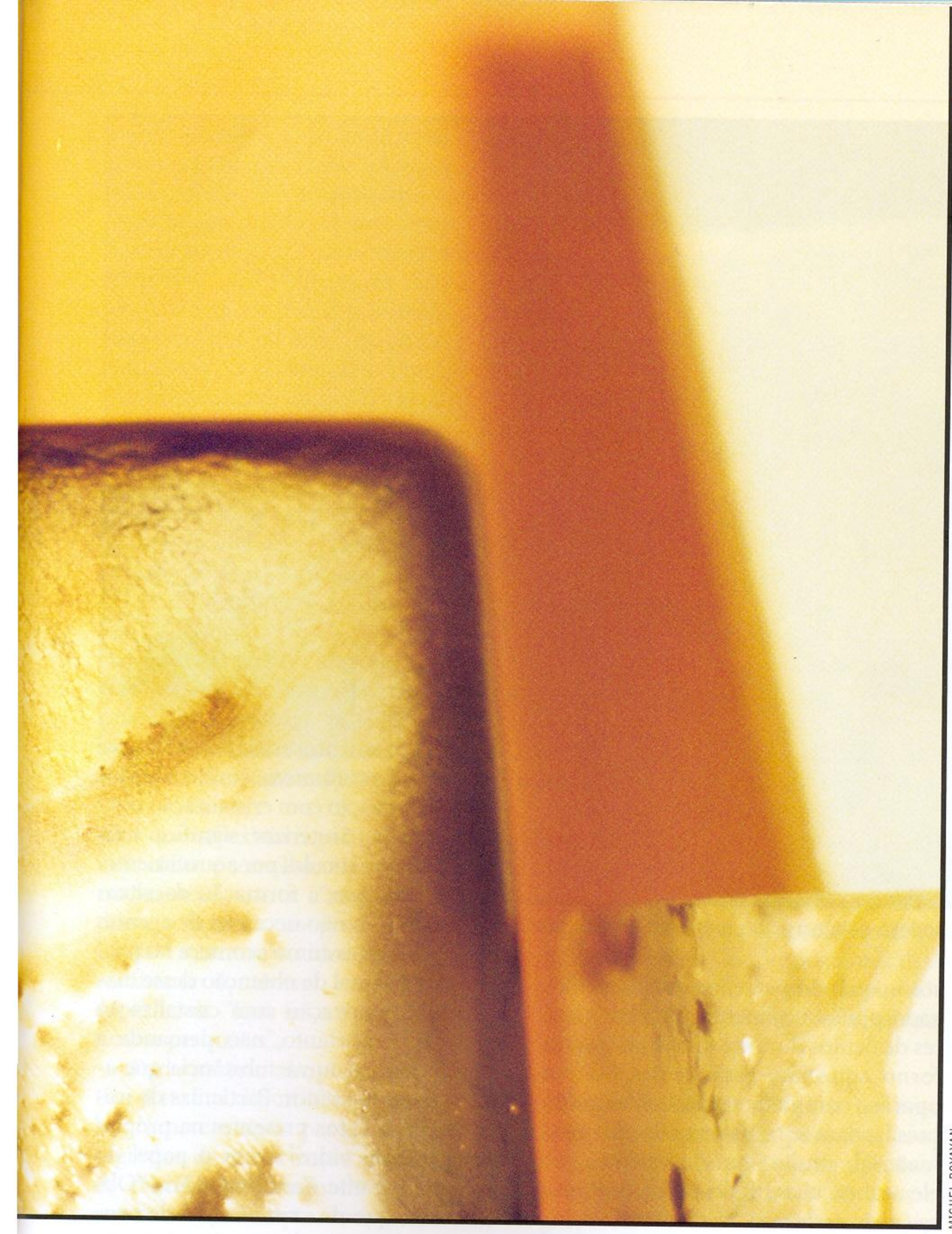
YURI VASCONCELOS



Quando o assunto é a pesquisa para o desenvolvimento de vidros especiais e materiais correlatos, o Brasil tem ótimos motivos para comemorar. Nos últimos anos, uma equipe de pesquisadores do Laboratório de Materiais Vítreos (LaMaV) do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) produziu importantes contribuições à pesquisa de vitrocerâmicas, um sofisticado material que se origina do vidro e que pode ser empregado na fabricação de ossos e dentes artificiais, substratos de discos rígidos de *laptops*, espelhos de telescópios gigantes, pisos de luxo, panelas transparentes resistentes ao choque térmico e placas de modernos fogões elétricos no lugar dos tradicionais queimadores a gás.

Os materiais vitrocerâmicos surgiram há pouco mais de 40 anos. Eles são produzidos a partir da cristalização controlada de materiais vítreos. A cristalização controlada é um fenômeno que ocorre quando o vidro, contendo um agente nucleante dissolvido (óxido de titânio, óxido de fósforo, óxido de zircônio, prata, ouro, etc.), é submetido a temperaturas que variam de 500 a 1.100 graus centígrados. Como resultado desse processo, ele se transforma num novo material, dotado de características diferenciadas. "Os materiais vitrocerâmicos são lisos e muito mais resistentes do que o vidro. Além disso, eles podem ter baixa condutividade elétrica e dilatação térmica próxima ao zero", explica o engenheiro de materiais Edgar Dutra Zanotto, coordenador do LaMaV e responsável pelo desenvolvimento dos novos produtos. As vantagens dessas qualidades são que esses materiais funcionam como isolantes elétricos, característica necessária aos substratos de discos rígidos, por exemplo, e podem ser usados em situações onde a dilatação do vidro provoca prejuízos ao bom funcionamento do equipamento, como no caso dos telescópios ou placas de fogões.

A mais recente das invenções do laboratório da UFSCar – com patente sendo redigida – é uma vitrocerâmica muito parecida com o mármore e o granito e mais resistente que esses ma-



MIGUEL BOYAYAN

Vitrocerâmica de escória de aciaria: resíduos transformados em peças de decoração, pisos e revestimentos

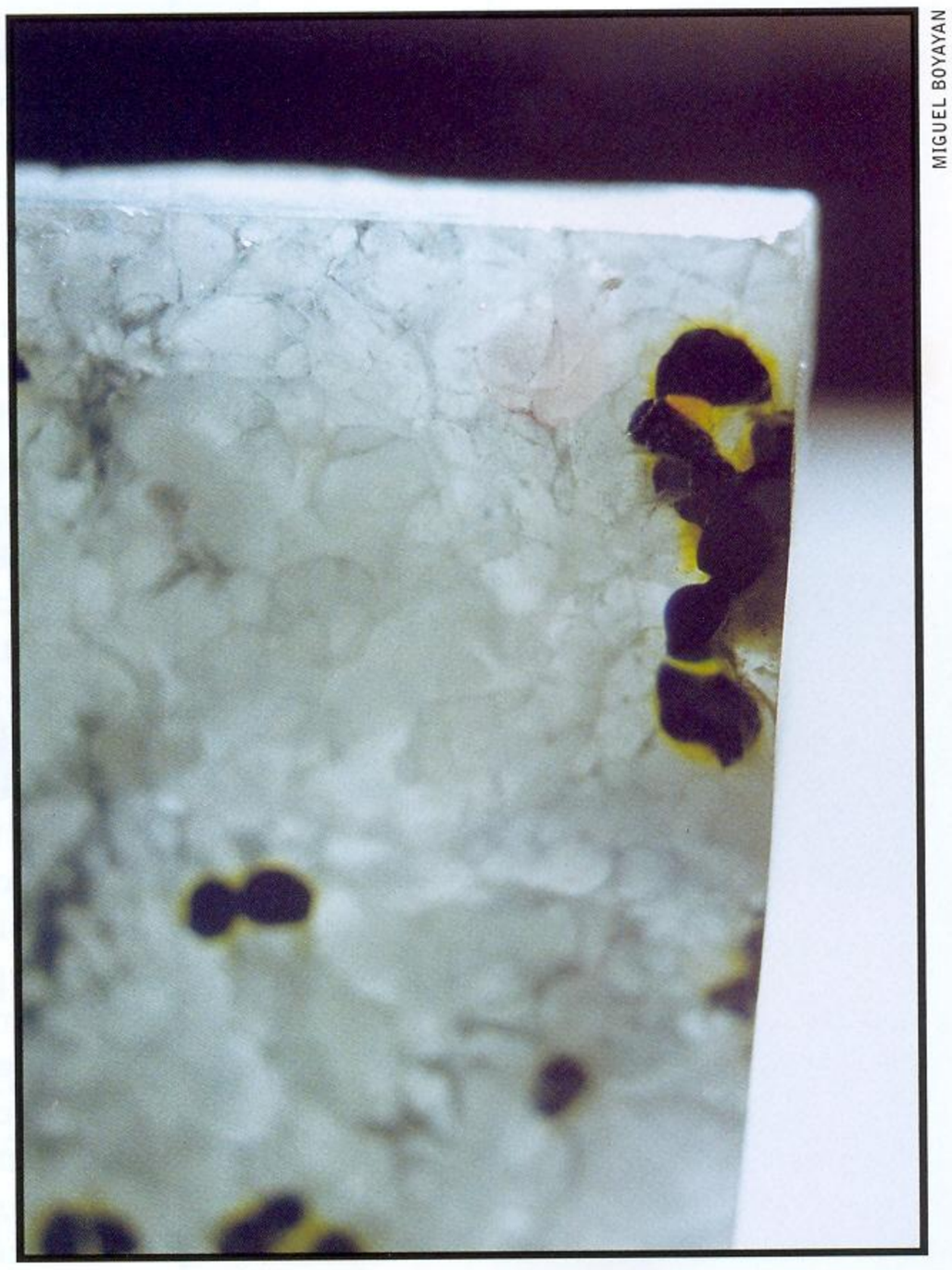
teriais. Ela poderá ser usada na fabricação de vários produtos que compõem uma casa: pisos, azulejos e lavatórios. Por enquanto, o LaMaV domina a tecnologia para fabricação de peças pequenas, medindo 15 por 15 centímetros, mas está desenvolvendo outras maiores. No mundo inteiro, apenas a empresa japonesa Nippon Electric Glass fabrica e comercializa um produto similar, ao preço aproximado de US$ 500 o metro quadrado, mas com composição química totalmente distinta das estudadas no LaMaV. "Ainda não sabemos quanto custará o nosso produto. O preço será definido na etapa de produção, mas certamente será bem mais barato", explica o coordenador do LaMaV.

Em outra linha de estudo dos pesquisadores da UFSCar, o objetivo é desenvolver peças vitrocerâmicas que possam substituir ossos humanos. O primeiro exemplar de uma biovitrocerâmica foi criado em meados dos anos 90 numa parceria com a Universidade da Flórida, Estados Unidos. Trata-se de um material empregado na fabricação de dentes artificiais e pequenos ossos do ouvido, como o martelo, o estribo e a bigorna. Em pó, ele pode ser usado para recompor cavidades dentárias. No final da década passada, a patente foi licenciada à empresa American Biomaterials, dos Estados Unidos. "No processo de patenteamento, por ingenuidade, fomos identificados apenas como os inventores do produto e não os titulares – aqueles que são os detentores dos direitos sobre a patente – que é a Universidade da Flórida", afirma Zanotto. "Nunca recebemos um tostão de *royalties*", lamenta o pesquisador.

Há dois anos, os cientistas do LaMaV concluíram o desenvolvimento de mais uma vitrocerâmica, desta vez a partir de escórias de aciaria, um subproduto da indústria metalúrgica com alto teor de silica e óxidos metálicos. O trabalho foi realizado em parceria com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas, localizado na cidade de Ipatinga (MG). Na Usiminas são geradas em torno de 125 mil toneladas de escórias de alto-forno e de aciaria por mês, representando um grave problema ambiental. "A produção de vitrocerâmicas de escórias siderúrgicas livrará o ambiente de parte desses resíduos industriais e permitirá a substituição, muitas vezes com vantagens, de rochas naturais e outras matérias-primas", afirma Zanotto. Graças ao seu aspecto visual agradável, essa nova vitrocerâmica poderá ser usada como piso, revestimento de paredes e na decoração de ambientes. Os pesquisadores do LaMaV esperam iniciar em breve estudos sobre a fabricação do produto em escala piloto.

Avançando as fronteiras - A criação desses novos materiais revela a importância das pesquisas conduzidas por Zanotto e sua equipe. "Nosso laboratório tem 25 anos de atividades e uma filosofia de trabalho bem definida", diz o pesquisador. "Acreditamos ser possível realizar pesquisa básica de bom nível e aplicar métodos similares ao desenvolvimento de tecnologia. Queremos avançar as fronteiras do conhecimento e inovar no setor de vidros e materiais correlatos." Para atingir seus objetivos, o LaMaV tem estabelecido estreita cooperação com indústrias. Nada menos que 18 projetos de pesquisa e desenvolvimento foram realizados nos últimos 20 anos em conjunto com diversas empresas, entre elas Pirelli, Usiminas, Companhia Baiana de Pesquisas Minerais (CBPM) e Alcoa.

Toda essa produção tecnológica, segundo Zanotto, está sedimentada no campo da ciência fundamental em pesquisas baseadas na compreensão do fenômeno de cristalização. "Os vidros são materiais que possuem energia relativamente alta no nível atômico devido à sua estrutura molecular desordenada e tendem a cristalizar-se espontaneamente, sem controle, durante a fabricação ou o uso, perdendo a transparência, trincando ou quebrando", afirma Zanotto. "Os materiais cristalinos, ao contrário, como as vitrocerâmicas, cuja estrutura molecular é organizada, têm a menor energia possível e, portanto, são termodinamicamente estáveis." Esse fenômeno, quando espontâneo, pode ser uma fonte de sérios problemas. No entanto, se a cristalização for feita de maneira controlada, é possível desenvolver novos materiais policristalinos como as vitrocerâmicas.



MIGUEL BOYAYAN

Peça que poderá concorrer no mercado com o mármore

Óculos no forno - Como é comum na história da ciência, os materiais vitrocerâmicos foram descobertos por acaso. No final dos anos 50, o pesquisador norte-americano Donald Stookey, da empresa Corning Glass, conduzia pesquisas com vidros fotocromáticos, desses que escurecem com a luz – pois têm minúsculos cristais de prata dispersos –, quando percebeu que havia deixado, por esquecimento, um par de lentes de óculos durante toda a noite num forno aquecido. Essas lentes ficaram opacas, completamente cristalizadas, pois haviam se transformado em outro material, muito mais resistente, que ele acabou chamando de vitrocerâmica (*glass-ceramics*). Nesse caso fortuito, a prata atuou como agente nucleante. De lá para cá, dezenas de empresas e laboratórios espalhados pelo planeta vêm estudando novas composições e formas de produção desses materiais, que se mostraram úteis em diversas aplicações. Os espelhos dos telescópios Gemini (Chile e Havaí, EUA) são feitos de vitrocerâmica, assim como a superfície de modernos fogões elétricos, que não têm chama e nem fogo, apenas círculos onde são colocadas as panelas ou o próprio alimento. Fogões desse tipo já são fabricados pelas empresas Bosch, Siemens e Jung, de Blumenau (SC), que importa o material vitrocerâmico.

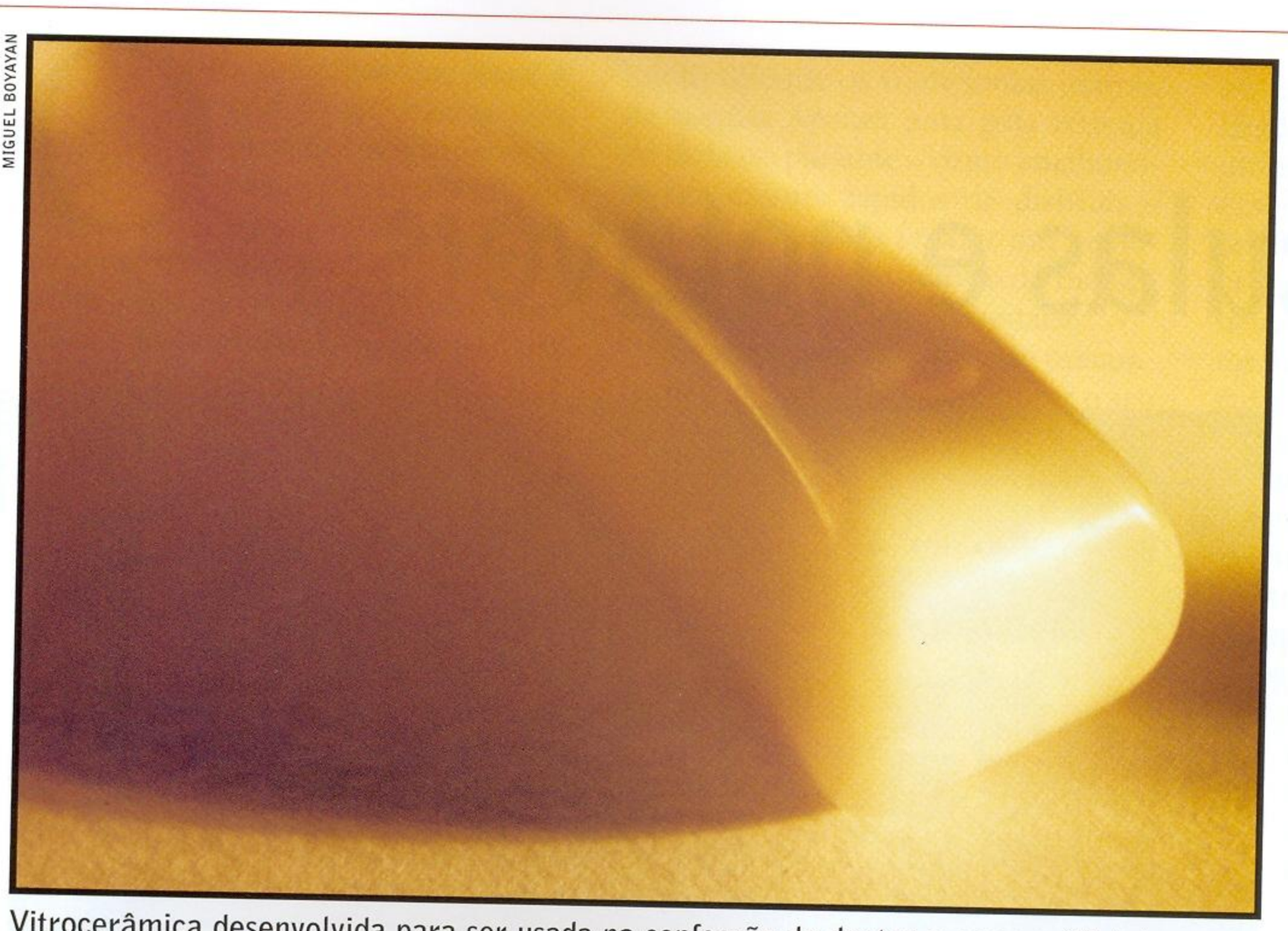
Pulo do gato - Além da criação de materiais inovadores, os cientistas da UFSCar também pesquisam um novo processo de fabricação de vitrocerâmicas, conhecido por sinterização com cristalização controlada. Sinterizar significa unir várias partículas por aquecimento. Nesse caso, a formação da vitrocerâmica não necessita de agentes nucleantes como acontece no processo tradicional de obtenção desse material. A sinterização com cristalização controlada, portanto, não demanda a adição de uma nova substância que atue como catalisador. Partículas de impurezas e defeitos presentes na própria superfície do vidro fazem o papel do agente nucleante. Zanotto explica: "Observamos que na cristalização descontrolada o processo de transformação do vidro começa na superfície e concluí-

Falta integração com a indústria vidreira

A produção industrial de vidros no Brasil também ganha destaque no cenário mundial ao lado das pesquisas relacionadas a novos materiais vítreos. Em 2001, a capacidade instalada da indústria vidreira nacional era calculada em 2,6 milhões de toneladas, sendo que os fabricantes de vidros planos respondiam por 31,7% do total – em seguida vinham os produtores de embalagens de vidro, com 31,1%. Juntas, as 74 empresas do setor faturam cerca de R$ 2,65 bilhões por ano e geram quase 12 mil postos de trabalho.

Apesar do excelente desempenho do setor e do alto nível dos trabalhos científicos, não existe uma forte integração entre os fabricantes de vidro e os centros de pesquisa. Poucos profissionais com doutorado ou mestrado na área são contratados pelo setor produtivo. "A maioria das indústrias de vidro opera com capital estrangeiro e mantém centros de pesquisa em seus países de origem", escreveu Zanotto no artigo *Glass industry and research in Brazil* (Indústria e pesquisa de vidro no Brasil), divulgado em março último na revista *Glass International*. "Essa é, provavelmente, a razão da fraca interação entre as empresas internacionais e os grupos de pesquisas das universidades brasileiras", alerta. Segundo Zanotto, a relação entre os pesquisadores e a indústria vidreira nacional também não é proveitosa. "É infatisfatória, porque falta diálogo e cooperação."

MIGUEL BOYAYAN



Vitrocerâmica desenvolvida para ser usada na confecção de dentes e ossos artificiais

mos que ali existem partículas e falhas cujo efeito é semelhante ao dos agentes nucleantes.", conta Zanotto. A partir dessa conclusão, os pesquisadores do LaMaV moeram o vidro para que o pó resultante contivesse essas partículas superficiais. "Esse foi o pulo do gato de nossas pesquisas".

Pode parecer simples, mas na prática é muito difícil. Os pesquisadores levaram sete anos para desvendar os segredos da sinterização com esse tipo de cristalização, chamada de concorrente. A sinterização deve ocorrer no início do processo e só no final é que deve começar a cristalização. "Temos um projeto temático, com complexas simulações computacionais, tentando entender e controlar a competição entre sinterização e cristalização", afirma Zanotto. Segundo ele, a sinterização com cristalização concorrente é um processo alternativo para fabricação de vitrocerâmicas e, em certos casos, pode ser mais rápido e barato.

Com os resultados dos estudos produzidos pela equipe do LaMaV, o laboratório tornou-se um dos mais conceituados centros mundiais de pesquisa em sinterização para produção de materiais vitrocerâmicos. Apenas alguns outros grupos conseguiram chegar aos resultados alcançados pelos pesquisadores da UFSCar: por exemplo, uma equipe do laboratório BAM, de Berlim, na Alemanha, um grupo ligado à Academia de Ciências da Bulgária e a empresa japonesa Nippon Electric Glass. "Todos esses pesquisadores têm feito, paralelamente a nós, importantes descobertas sobre o fenômeno da sinterização e cristalização controlada", afirma o pesquisador.

Atuação destacada - Para se ter uma idéia da relevância das pesquisas conduzidas por Zanotto e sua equipe, basta saber que nos últimos 20 anos o grupo foi laureado com mais de uma dezena de prêmios nacionais e internacionais e apresentou, sob convite, cerca de 55 palestras nos mais importantes congressos da área. "Uma amostra da importância e repercussão das pesquisas desenvolvidas por nossa equipe é o fato de que, nos últimos dois anos, em 12 ocasiões, fomos convidados a proferir palestras plenárias em eventos importantes", afirma Zanotto.

Além do LaMaV, outros grupos nacionais de pesquisa também têm se sobressaído no desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias associadas ao vidro. A força da pesquisa brasileira pode ser avaliada pela publicação de artigos em periódicos científicos internacionais. Nos últimos seis anos, aproximadamente 5% de todos os artigos divulgados no *Journal of Non-Crystalline Solids* e 2% dos publicados no *Physics and Chemistry of Glasses*, as mais importantes revistas científicas do setor, foram assinados por pesquisadores brasileiros.

Novas instalações - A atuação do LaMaV, cuja equipe é formada por três professores, dois pós-doutorandos, seis alunos de doutorado, dois de mestrado, quatro de iniciação científica e um técnico, ficará ainda mais fortalecida com a inauguração, no próximo mês, das novas instalações do laboratório, de 530 metros quadrados. O prédio, que custou cerca de R$ 300 mil, recebeu financiamento da própria UFSCar e de convênios com empresas. Os recursos para a infra-estrutura vieram do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (Pronex) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do projeto temático *Problemas Correntes sobre Cristalização de Vidros* financiado pela FAPESP. O prédio tem o formato de um forno para fabricação de vidros e está aparelhado com equipamentos de última geração. "Os recursos da FAPESP viabilizaram a instalação da infra-estrutura do novo laboratório, que é de padrão internacional, e também a publicação de vários artigos e a apresentação de uma dezena de palestras convidadas no exterior", diz Zanotto.

Os pesquisadores do LaMaV estão, assim, fazendo ciência e desenvolvendo tecnologia para novos materiais que devem compor produtos de diversas funções. De ossos artificiais, passando pelo disco rígido de *laptop* até a pia de um bom banheiro. •

O PROJETO

Problemas Correntes sobre Cristalização de Vidros

MODALIDADE
Projeto temático

COORDENADOR
EDGAR DUTRA ZANOTTO – Departamento de Engenharia de Materiais - UFScar

INVESTIMENTO
R$ 794.824,88