

#01 | 2017/11 MAIS

Mineração: Atitude e Inovação Sustentável



Inovação aberta gera avanços para a Vale e a sociedade

Projetos em destaque

Soluções de menor custo
e maior performance

Gerência Executiva de Tecnologia
e Inovação articula e promove
novos conhecimentos

Parceria com fundações de
amparo à pesquisa cria rede
de desenvolvimento científico

Expediente

Conselho editorial: Luiz Mello, Adam MacMillan, Elaine Leder, Fabiano Tonucci e Sandoval Carneiro | **Coordenação:** Ana Lúcia Oliveira e Domenica Blundi | **Assessoria técnica:** Cristina Assimakopoulos, Denile Boer, Edgar Sepúlveda, Felipe Dutra e Rodrigo Araki | **Redação:** Tempero Comunicação | **Edição e revisão:** Ana Lúcia Oliveira, Janaína Rezende, Filipe Barros e Tempero Comunicação | **Projeto gráfico e diagramação:** Imaginatto Design e Marketing | **Tradução:** Flash Traduções
Realização: Gerência de Marca e Publicidade e Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação | **Colaboradores:** Aldo Machado, André Luiz Vieira, Edilson Jun Kina, Guilherme Alves, Janaína Ferreira, Raquel Fantoni, Rodrigo Lisboa e Sandro Freitas | **Agradecimentos:** Alfredo Gay Neto, Allyson Sales, Amilton Sinatora, Ana Carla Campelo, Bruno Piazzarollo, Camila Kalil, Célida Marques, Claudia da Silva Oliveira, Denise Caruncho, Duan Azevedo, Eduardo da Costa, Elizabete Moreira, Elza Fernandes de Araújo, Geraldo Barbosa, Giorgio de Tomi, Hugo Campelo, Humberto Luiz Pereira, Jair Koppe, José Oswaldo Siqueira, José Ribamar Santos, Larissa Faria, Laurindo Leal, Luiz Henrique Alves, Marcos Borba, Mariana Raider, Paulo Alexandre Souza, Paulo Sérgio Beirão, Ricardo Souza, Roberto Souza, Tatiane Marin, Vera Castro, Vera Lúcia dos Santos e a todos que apoiaram a criação e lançamento desta edição do informativo MAIS - Mineração: Atitude e Inovação Sustentável.

O valor do conhecimento

Fazer pesquisa é sempre um desafio. Fazer pesquisa para a indústria é um desafio ainda maior, pois exige a conciliação da urgência de encontrar aplicações práticas para o enfrentamento de problemas atuais com o tempo necessário ao desenvolvimento dos projetos.

A Vale, ciente da responsabilidade que deriva de sua posição no Brasil e no mundo, vem exercendo papel de vanguarda nesse campo. Não apenas pela importância da pesquisa para seus negócios, mas porque é nosso dever contribuir para que o conhecimento seja fator de ampliação da qualidade de vida, em uma sociedade capaz de realizar todo o seu potencial.

O valor da informação é tácito para todos nós. Quando uma criança recebe um não do pai (ou da mãe), uma estratégia quase que inata faz com que ela procure agora a mãe (ou o pai) na busca de um sim. O valor da informação é, assim, óbvio sob várias dimensões. Informação não é, no entanto, conhecimento. Este é muito mais profundo e com frequência adiciona a dimensão estratégica à informação. Disseminar, compartilhar conhecimento, e não apenas

informação, não é uma missão fácil. Saber o que fazer com a informação, contextualizá-la e transformá-la em conhecimento é uma tarefa fundamental.

Nosso objetivo central com o lançamento do informativo MAIS é não apenas permitir a apropriação e disseminação da informação, mas sobretudo gerar conhecimento com base nos resultados de projetos de Pesquisa & Desenvolvimento financiados pela Vale e conduzidos em parceria com instituições que atuam nos campos da Ciência e Tecnologia. Não por acaso, esta edição inaugural trata especialmente do conceito de *open innovation*, modelo de inovação que congrega corporações e a comunidade científico-tecnológica em busca de soluções que, em nosso caso, permitam à empresa produzir com mais eficiência, menores custos e de maneira cada vez mais sustentável.



Nas próximas páginas, você entenderá como a Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação trabalha para atingir esses objetivos: em interação com diversas áreas da Vale, universidades e agências públicas de fomento à pesquisa, entre outros atores. Vários projetos iniciados nesta década já apresentam resultados consistentes ou têm perspectivas promissoras, num prazo relativamente curto para a maturação de iniciativas nessa área. Ao compartilhar saberes e aprendizados, pretendemos contribuir para que os benefícios desse trabalho colaborativo possam ser plenamente usufruídos.

Boa leitura!

Luiz Mello, MD, PhD
Inovação e Tecnologia, Vale

KW: informações consolidadas sobre negócios

Pela plataforma KnowledgeWorks (KW), os empregados da Vale têm acesso a informações sobre mineração oriundas de mais de 70 fontes internas e externas, podem aprofundar o conhecimento em temas de seu interesse e buscar referências para solução de problemas. Nessa grande base de dados, há projetos de pesquisa da Vale e do Instituto Tecnológico Vale (ITV), notícias, patentes, artigos e relatórios sobre mineração, logística e portos. O acesso à plataforma é feito por meio de login e senha próprios. Clique [aqui](#) para acessar o formulário de cadastro.

Além do KW, os empregados podem consultar artigos científicos e livros técnicos das editoras Elsevier e Springer, que estão entre as maiores do mundo. Para ter acesso ao conteúdo, é necessário estar na rede interna da Vale e, no caso dos materiais da editora Springer, fazer login com e-mail Vale e senha. Acesse os conteúdos pelas páginas <http://www.sciencedirect.com> e <https://rd.springer.com>.

Prêmio Vale-Capes

A cerimônia de entrega do Prêmio Vale-Capes de Tecnologia e Inovação – edição 2017 acontecerá no dia 13 de dezembro, em Brasília. Este ano, serão contemplados os melhores candidatos na área de “Ecologia e Conservação da Natureza”, incluindo tecnologias socioambientais.

Para a escolha dos vencedores, foram avaliados os memoriais, produtos e processos inovadores apresentados por cada candidato, constituídos por artigos científicos, livros e capítulos de livros, orientações em cursos de pós-graduação, participações em academias nacionais e internacionais, e patentes e registros de patentes, além de prêmios e láureas recebidas anteriormente.

Serão duas premiações: uma na categoria “Pesquisador Emérito” e outra na categoria “Jovem Pesquisador”. O Pesquisador Emérito receberá auxílio de R\$ 100 mil concedido pela Vale e uma bolsa da Capes equivalente à de Pesquisador Visitante do Exterior (modalidade Doutor Sênior) ou de Estágio Sênior no Exterior (neste caso, com auxílio adicional de 2.100 dólares ou euros, a depender do país). Já o Jovem Pesquisador receberá da Vale auxílio no valor de R\$ 40 mil, além de uma bolsa da Capes equivalente à de Pesquisador Visitante do Exterior (modalidade Doutor Pleno).

Vale e Fapema abrem edital

A Vale e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (Fapema) estão com edital para seleção de projetos nas áreas de “Logística e Sociedade”. Instituições de ensino superior e/ou de pesquisa, públicas ou privadas, podem concorrer a recursos totais de R\$ 4,5 milhões de reais (R\$ 3 milhões da Vale e R\$ 1,5 milhão do governo do Maranhão, via Fapema), desde que não tenham fins lucrativos e estejam sediadas no Maranhão.

Os projetos apresentados devem contribuir para o avanço do conhecimento e da tecnologia nas duas áreas temáticas e ser relevantes tanto para o desenvolvimento tecnológico e industrial da Vale, quanto para a ampliação de conhecimento aplicável em diversos campos da sociedade brasileira.

A data-limite para submissão dos projetos, por meio do [site da Fapema](#), é 15 de janeiro de 2018. Mais detalhes, como valores máximos destinados aos projetos, de acordo com as faixas disponíveis, também podem ser obtidos na mesma página eletrônica.

Inovar como compromisso e vocação

A Vale é a maior produtora mundial de níquel, minério de ferro e pelotas. Com o compromisso de contribuir para o avanço do conhecimento no Brasil, é uma das empresas privadas que mais investe em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, a fim de antecipar soluções, vencer futuros desafios e garantir que seus processos produtivos sejam cada vez mais eficientes e sustentáveis.

Ao longo de sua história, a Vale já depositou mais de 6.680 patentes em 111 países e hoje possui um portfólio ativo de mais de mil patentes em 61 países. Nos últimos sete anos, foi a terceira empresa brasileira que mais depositou patentes no United States Patent and Trademark Office (USPO), escritório norte-americano de patentes, e a quarta que mais fez depósitos de patentes no Brasil.

Para a Vale, a inovação está em cada empregado, no olhar aguçado, no pensar diferente, na saudável inquietação que nos leva a buscar sempre fazer mais e melhor, a construir hoje o futuro que queremos. Foi nesse contexto que surgiu em 2008 o desejo de conceber um instituto de tecnologia nos moldes do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Para a concretização dessa ideia, criou-se o Departamento do Instituto Tecnológico Vale (ITV), mais tarde chamado de Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação.

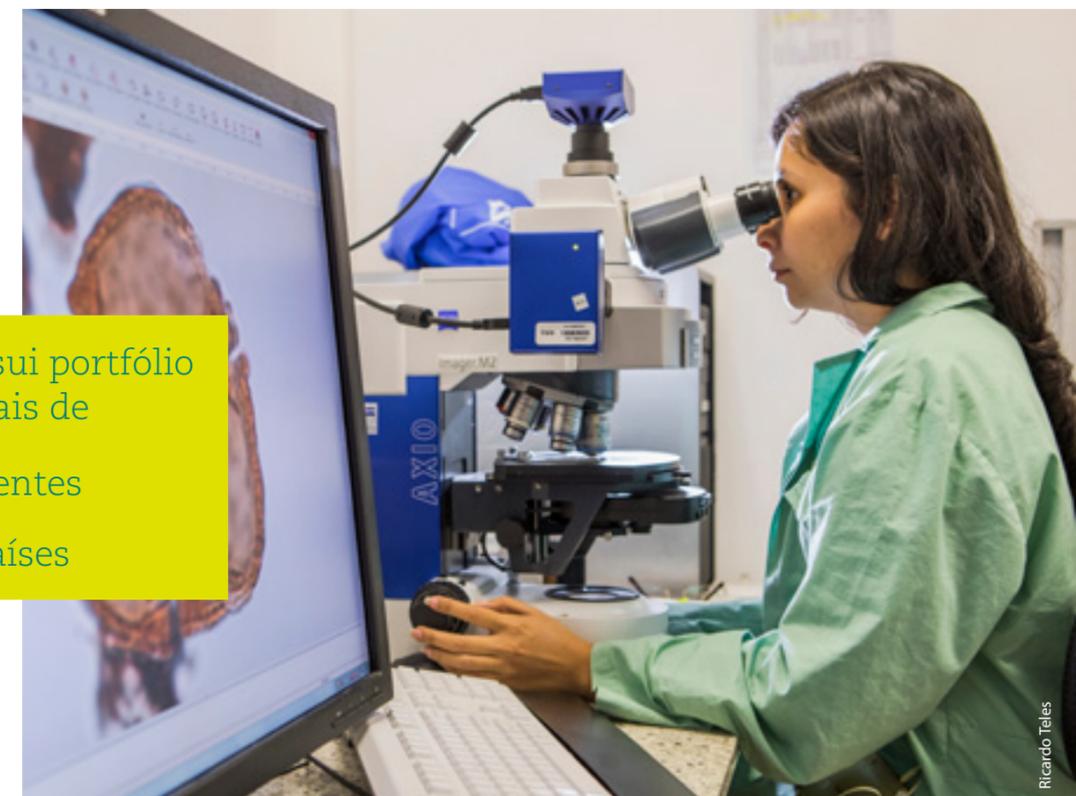
Cresce a interface com a academia

Com a nova área, a Vale deu um grande passo na direção de fortalecer as frentes e os procedimentos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) já existentes em sua estrutura. Totalmente inserida no conceito de *open innovation* (inovação aberta), a gerência promove a interface entre a empresa e a comunidade científico-tecnológica, no Brasil e no exterior.

– Fizemos parcerias com as universidades propriamente ditas para projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, mas também nos unimos a agências de fomento, com o intuito de somar esforços com o Poder Público para fomentar a infraestrutura acadêmica e a formação de recursos humanos especializados e, assim, avançar em Ciência e Tecnologia – explica Domenica Blundi, especialista técnica de Cooperação em Ciência e Tecnologia e Acompanhamento de Projetos.

De 2012 a 2016, o investimento em P&D, por meio da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, foi de R\$ 714,19 milhões. Nesse período, foram oferecidas mais de 600 bolsas de pesquisa de oito tipos: pós-doutorado; doutorado; mestrado; desenvolvimento tecnológico e industrial; iniciação científica; trabalhos de conclusão de curso de graduação; extensão universitária; e apoio técnico. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e as Fundações de

A Vale possui portfólio ativo de mais de **mil** patentes em **61** países



Amparo à Pesquisa (FAPs) destinaram, desde 2009, R\$ 72,95 milhões aos projetos de pesquisa.

Edgar Sepúlveda, analista de Desenvolvimento Tecnológico, ressalta que boa parte dos projetos de inovação é multidisciplinar: “Quanto mais instituições de excelência e especialistas, internos e externos, você tiver em suas parcerias, melhores resultados vai ter”.

Uma das principais ações da Gerência Executiva é a gestão da Associação Instituto Tecnológico Vale (ITV), que atualmente mantém duas unidades: uma em Belém, voltada ao desenvolvimento sustentável, e outra em Ouro Preto, dedicada a temas de tecnologias minerais. Sandoval Carneiro, especialista técnico de Parcerias e Recursos da Vale e diretor-executivo do ITV, conta que a cooperação externa começou a ser traçada em 2010, com o acordo Vale-FAPs, considerado o maior convênio já assinado entre a iniciativa privada e órgãos estaduais de amparo à Ciência e Tecnologia. As pesquisas se concentraram em quatro áreas: processos ferrosos para siderurgia; ecoeficiência e biodiversidade; mineração; e energia.

Aproximando a visão
acadêmica tecnológica
das demandas da operação



Lideranças Vale e ITVs reunidas: Elaine Leder, José Oswaldo Siqueira, Fabiano Tonucci, Luiz Mello, Adam MacMillan e Laurindo Leal

– Participaram do primeiro edital as Fundações de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp), Minas Gerais (Fapemig) e do Pará (Fapespa). Foram selecionados 117 projetos e contratados 114, em um investimento total de cerca de R\$ 100 milhões – lembra Sandoval.

Em 2015, a Vale organizou um novo edital, inspirado no modelo do realizado em 2010, estabelecendo parcerias com as Fundações de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (Fapes) e do Rio de Janeiro (Faperj). As pesquisas estão voltadas para as macroáreas de Logística (ferrovia e porto), Meio Ambiente e Pelotização. De acordo com Sandoval, 43 projetos foram aprovados, 21 para o Espírito Santo e 22 para o Rio de Janeiro.

– Temos também um edital em andamento com a Fapema, do Maranhão. Além de Logística e Meio Ambiente, incluímos como tema o estudo de comunidades próximas ao eixo da ferrovia – comenta o especialista técnico.

Desafio e modelo estabelecido

Luiz Mello, gerente executivo de Tecnologia e Inovação e diretor-presidente do ITV, conta que, atualmente, a interação viabilizada pela sua área está consolidada, mas no começo foi preciso quebrar barreiras, tanto no meio acadêmico quanto dentro da Vale, em função de diferenças em questões como o prazo de desenvolvimento de projetos. Por ter vindo da Universidade Federal de São Paulo, onde trabalhava como pró-reitor de Graduação, ele pôde contribuir para aproximar diferentes pontos de vista, exercendo o papel de embaixador em prol da inovação.

– Fazer essa transição foi um processo desafiador, que me motivou muito. Hoje, temos um modelo estabelecido não apenas na Vale, mas que, cada vez mais, serve de inspiração aos setores industrial e acadêmico – comemora.

A Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação é dividida em três segmentos: Parcerias, Pesquisa e Desenvolvimento; Propriedade Intelectual e Inteligência Tecnológica; e Planejamento e Gestão Financeira. “A Gerência Executiva é um marco, conseguiu reposicionar a Vale no que diz respeito à sua atuação em Ciência, Tecnologia e Inovação”, afirma Domenica Blundi.

Saiba

Investimento em P&D, por meio da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação

2012 - R\$ 157,98 milhões
2013 - R\$ 141,15 milhões
2014 - R\$ 95,31 milhões
2015 - R\$ 172,54 milhões
2016 - R\$ 147,21 milhões

Quantidade de patentes geradas a partir de iniciativas de inovação aberta

Do total de 1.170 patentes registradas pela Vale, 12% delas são em cotitularidade com instituições parceiras, como USP, Unicamp, Unesp, Usiminas, UFES, Senai, PUC, UFJF e Fapemig, entre outras.

ITV atua na expansão da pesquisa e da competência técnica

O Instituto Tecnológico Vale é um dos pilares do modelo de pesquisa, desenvolvimento e inovação estabelecido a partir da criação da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, em 2009. É uma instituição sem fins lucrativos, de governança compartilhada e que leva em consideração o ciclo da produção científica, sua aplicação prática e a geração de benefícios concretos para a sociedade. Os projetos de pesquisa desenvolvidos no ITV são realizados por meio de parcerias com diversas áreas da Vale, agências federais, institutos de Ciência e Tecnologia e universidades do Brasil e do exterior.

As duas unidades do ITV têm perfis diferentes, adequados às características locais. O ITV Desenvolvimento Sustentável fica em Belém, no Pará, com atividades voltadas à pesquisa em Computação Aplicada; Tecnologia Ambiental; Genômica Ambiental; Geologia Ambiental e Recursos Hídricos; Biodiversidade e Serviços de Ecossistema; e Socioeconomia e Sustentabilidade. O ITV Mineração,



Sandoval Carneiro,
diretor-executivo do ITV

“ A cooperação externa iniciada em 2010 deu origem ao maior convênio já assinado entre iniciativa privada e órgãos estaduais de amparo à pesquisa

localizado em Ouro Preto, Minas Gerais, desenvolve pesquisas em Lavra de Minas; Tratamento de Minérios e Fenômenos de Transporte; Automação e Integração de Processos; Metalurgia Extrativa e Fenômenos de Superfície; e Tribologia.

Mestrado pioneiro

Os ITVs atuam, ainda, nas vertentes de ensino e empreendedorismo. Na primeira, há cursos de especialização para empregados da Vale, e cursos de mestrado profissional, cujas vagas também são abertas para pesquisadores externos. Reconhecido pela Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), do Ministério da Educação, responsável pelo acompanhamento e avaliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* brasileiros, o mestrado é o primeiro do gênero a ser oferecido por um instituto vinculado a uma empresa do setor mineral.

“Queremos levar a visão acadêmica tecnológica para dentro da operação, ao mesmo tempo em que trazemos um olhar mais realista ao instituto. Expandir o conhecimento e a competência técnica da empresa é importante”, afirma José Oswaldo Siqueira, diretor científico do ITV Desenvolvimento Sustentável. Laurindo Leal, diretor científico do ITV Mineração, complementa lembrando que “a interação com o setor produtivo tem sido muito interessante. É uma boa sinergia entre profissionais que têm a inovação no DNA e pessoas que conhecem profundamente o negócio”.

Quando se trata de empreendedorismo, ambas as unidades colaboram na incubação de empresas que possam prover serviços ou produtos de interesse para as operações da Vale ou a sociedade como um todo. “Consideráveis esforços feitos pelo ITV-Mineração visam ao futuro do Quadrilátero Ferrífero. A jazida é finita, mas fica uma competência em mineração que se transforma em empreendimentos. Estamos com duas empresas já na fase de incubar”, comenta Laurindo Leal.



Ricardo Teles

Já José Oswaldo Siqueira destaca o ineditismo do trabalho realizado em Belém, citando estudos básicos de botânica e biologia da flora de Carajás: “Nenhuma empresa mineradora do mundo está investindo nisso. Desenvolvemos uma base de dados que pode se tornar uma ferramenta de manejo para quem está operando”.

Os dois diretores científicos definem assim o papel dos ITVs:

– Buscamos a inovação, mas com base teórica. Além de disseminar o conhecimento, estamos incentivando as pessoas a crescerem, estudarem e melhorarem o seu desempenho. Investindo no ITV, a Vale está formando profissionais que encontram um equilíbrio entre o estudo técnico-científico e a entrega – diz Laurindo Leal.

– Nossa estratégia é fazer pesquisa de qualidade enquanto solucionamos problemas relevantes para a empresa – sintetiza José Oswaldo Siqueira.

Inovação com base teórica: incentivando as pessoas a crescerem



Ricardo Teles

Compartilhe, ensine e aprenda

A expressão *open innovation* surgiu em 2003 pelas mãos de Henry Chesbrough, professor da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos. Ao publicar o livro “Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology”, foi ele quem lançou o conceito de que as empresas precisam levar em conta o ambiente externo na hora de gerar inovação. Com uma essência colaborativa, a “inovação aberta” começou a fazer parte da cultura da Vale em 2009, quando foi criado o Departamento do Instituto Tecnológico Vale, que mais tarde se tornaria a Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação.

– A ideia de *open innovation* vem com essa provocação: compartilhe, ensine e aprenda. Quanto mais aberto você estiver, mais conhecimento vai receber – afirma Domenica Blundi, especialista técnica de Cooperação em C&T e Acompanhamento de Projetos.

Desenvolver Ciência e Tecnologia regionalmente

Partindo dessa premissa, em oito anos a Vale já firmou parcerias com Fundações de Amparo à Pesquisa de seis estados e com várias universidades, a exemplo da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), entre outras instituições. Da relação com a comunidade científico-tecnológica, surgiram projetos de Pesquisa e Desenvolvimento voltados para interesses de médio e longo prazos da Vale. Outro efeito positivo foi promover o desenvolvimento de Ciência e Tecnologia regionalmente, em localidades onde a empresa atua.

“ Fazer *open innovation* é entender que, por mais que existam competências internas, nunca haverá o suficiente para extrapolar suas atividades

– Fazer *open innovation* é como se você entendesse que, por mais que existam competências instaladas internamente, nunca haverá o suficiente para extrapolar as suas atividades em termos de inovação. Então, se você quer inovar, espera-se que você se relacione e colabore com outras organizações – explica Domenica.

Disponibilidade para risco

Para Luiz Mello, gerente executivo de Tecnologia e Inovação e diretor-presidente do ITV, a inovação aberta pressupõe que empresas e pessoas tenham disponibilidade para assumir riscos. No caso da Vale, de 20% a 30% do total investido em Pesquisa e Desenvolvimento são aplicados nesse segmento.

– *Open innovation* no Brasil ainda é um processo em curso. Progressivamente, a sociedade vai se dando conta de que ter uma ideia é bom; e que essa ideia ser patenteável, isto é, passível de proteção, é melhor ainda. Mas as etapas subsequentes implicam uma continuidade do investimento do próprio indivíduo – ressalta Mello.

De acordo com Cristina Assimakopoulos, analista especialista de Desenvolvimento Tecnológico, da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, a frase que mais se aplica à Vale, segundo o conceito de *open innovation*, é: “Nem todos os melhores estão dentro da minha empresa”. Em sua visão, trata-se de um modelo em que todos saem ganhando, na medida em que se permite a troca ampla de conhecimento e de recursos, além de se obter reconhecimento interno e externo.

Quatro perguntas para...

Humberto Luiz de Rodrigues Pereira

Presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei), da qual a Vale é uma das associadas

Qual é o papel da inovação aberta para o desenvolvimento da pesquisa?

É um mecanismo muito poderoso, embora não seja o único. Trata-se de um processo gerenciável, que passa por uma visão diferente de propriedade intelectual. Funciona tanto para empresas quanto para outras instituições, como as universidades.

Que perfil um profissional deve ter para trabalhar com inovação aberta dentro de uma empresa ou instituição?

Um perfil de promotor. Esse modelo requer pessoas com capacidade de questionamento, dispostas a lançar perguntas e desafios.

Como a Anpei atua para promover o investimento em inovação?

A Anpei atua em três frentes: institucional, técnica e networking. Promove o processo e estimula a inovação, buscando recursos públicos e na iniciativa privada, além de agir diretamente com o governo para aperfeiçoar a parte jurídica e reduzir a burocracia.

No Brasil, quais são os desafios para avançar nesse sentido?

Criar um ambiente de confiança, com regras que incentivem a colaboração, e aumentar o número de pesquisadores.

– A gente observa que a Vale desperta grande interesse nos pesquisadores, porque eles querem fazer diversos testes aqui dentro, onde a operação acontece de verdade – afirma Cristina.

Recursos alavancados

Para a Vale, além do compartilhamento de conhecimento e riscos, trabalhar com base no conceito de *open innovation* permite que se alavanque o investimento em pesquisa, já que os parceiros também aportam recursos expressivos nas iniciativas. E ainda existe a possibilidade de utilização de benefícios fiscais. Com a chamada Lei do Bem, em vigor desde 2006, a empresa tem a oportunidade de descontar do Imposto de Renda um percentual que incide sobre o lucro real da empresa.

– Parte dos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento pode ser enquadrada na Lei do Bem, o que possibilita a recuperação de uma parcela do total investido. Grande parte da recuperação fiscal via Lei do Bem vem do benefício de exclusão adicional de 60% dos dispêndios considerados elegíveis (gastos do projeto que se enquadram na legislação). Caso o projeto gere patente, há um incremento de 20% na exclusão dos dispêndios ou pagamentos vinculados ao seu desenvolvimento. Outro benefício utilizado é o de isenção do Imposto de Renda Retido na Fonte nas remessas efetuadas para o exterior destinadas ao registro e manutenção de patentes. Ao longo dos últimos anos, a recuperação fiscal via Lei do Bem tem sido crescente e representa aproximadamente 5% do investimento anual da Vale em P&D – explica Geraldo Barbosa, engenheiro da área de Parcerias e P&D.

Em 2016, havia sob a coordenação da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação 24 projetos em desenvolvimento no exterior e 171 projetos no Brasil, 84% deles realizados em parceria. E o ganho desse arranjo não se restringe à Vale ou aos parceiros: o arcabouço jurídico e cultural para a área de Pesquisa e Desenvolvimento é vantajoso para o país, porque serve de base para outras empresas adotarem o modelo e alimentarem um círculo virtuoso, no qual a busca por melhores resultados é constante.

– Tenho orgulho de ver o retorno que a Vale dá. O avanço em conhecimento é um legado – celebra Cristina. ■



Descentralização das atividades de P&D. A gestão e execução passam para as Unidades de Negócio.

1965

1997

Início da gestão de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na empresa, com a criação da SUTEC (Superintendência de Tecnologia).



Primeiro Comitê de Tecnologia da Vale, composto por especialistas das diversas Unidades de Negócio e voltado para a gestão de P&D.

2003

Realização de diagnóstico sobre a estrutura de P&D na empresa e definição da Visão do Instituto Tecnológico Vale (ITV), que seria criado três anos depois.

2006

Formação de uma equipe dentro da Valer, universidade corporativa da Vale, para viabilizar o ITV. Início da aplicação, pela empresa, da Lei do Bem, que oferece incentivos fiscais à inovação no Brasil.

2008



Criação do Departamento do Instituto Tecnológico Vale.

2009



ITV começa a oferecer cursos de pós-graduação, nas modalidades *stricto sensu* e *lato sensu*.

2010

Constituição jurídica do ITV, com definição da sua estrutura de governança e das linhas de pesquisa. Cria-se o Vale Technology Committee (VTC), que coordena ações de P&D. Também é assinado o acordo Vale-FAPs, maior convênio brasileiro entre iniciativa privada e fundações de amparo à pesquisa. A convite da ONU, a Vale passa a fazer parte da Global Compact Lead, plataforma que reúne empresas líderes em questões de sustentabilidade e engajadas ao Pacto Global.

2012

Lançamento do Mestrado em Engenharia Mineral, em Moçambique, uma parceria do ITV Mineração com o Instituto Superior Politécnico de Tete (ISPT).

2015

Vale se destaca no 1º Prêmio Estadual de Inovação na Indústria Mineral, criado por diversas instituições paraenses: “Prêmio Especial sobre a Gestão da Inovação” e 1º lugar nas categorias “Inovação em Processos” e “Inovação em Produto”.



2017

Inauguração do Parque Laboratorial do Instituto Tecnológico Vale, localizado no campus da Escola de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Com 1.200 m², o laboratório será a base para o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à mineração do futuro.



Colaboração é a chave

Em um mundo onde a colaboração é a chave para melhorar processos, desenvolver boas práticas e inovar, manter parcerias produtivas e de qualidade mostra-se fundamental. Por meio da publicação de editais, desde 2010 a Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação vem aumentando o portfólio de parceiros da empresa e gerando uma cooperação estruturada e de longo prazo nos campos da Pesquisa e Desenvolvimento.

Para Luiz Mello, gerente da área e diretor-presidente do Instituto Tecnológico Vale (ITV), trabalhar com o conceito de *open innovation* traz, entre outros benefícios, a chance de melhorar a alocação de recursos: “É possível escolher a oportunidade mais promissora, sem colocar esforço nem gastar dinheiro com iniciativas que já se mostraram infrutíferas”.

Sandoval Carneiro, especialista técnico de Parcerias e Recursos da Vale e diretor-executivo do ITV, conta que há projetos de inovação aberta em andamento tanto no Brasil quanto no exterior. Em 2016, graças a uma parceria entre a empresa, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a agência canadense Mitacs, foram abertas inscrições para bolsas de pós-doutorado no Canadá, voltadas a candidatos com até cinco anos de titulação.

– Temos dez brasileiros estudando no Canadá. Esse edital era voltado para temas que tinham alguma relação com a Vale. Entre as áreas de concessão das bolsas, estão Geociências, Meio Ambiente, Mineração, Engenharias e Geologia – detalha Sandoval.

Em 2015 foi estruturada uma parceria com o CNPq que originou a Chamada CNPq Vale/ITV Nº 13-2015, por meio da qual foram selecionados 65 pesquisadores para desenvolverem projetos de pesquisa nas unidades do ITV em Belém e Ouro Preto. Uma vez engajados nos projetos, os pesquisadores recebem bolsas de acordo com a categoria e passam a deter o status de “Residentes de Pesquisa” no ITV, podendo receber um certificado específico ao final do projeto.

Entre julho de 2016 e março de 2017, a Vale e a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) lançaram um edital oferecendo 20 bolsas de pós-doutorado para brasileiros e estrangeiros que desejassem desenvolver pesquisas nas unidades do ITV em Ouro Preto e Belém, nos temas Mineração e Desenvolvimento Sustentável, respectivamente. Além de bolsa no valor de R\$ 7 mil, estava previsto um recurso de R\$ 10 mil, em parcela única e destinado ao coordenador de cada projeto, para custear as atividades desenvolvidas pelo bolsista.

Interação entre empresa e universidades

Já o convênio Vale-FAPs, assinado em 2009 e firmado com as Fundações de Amparo à Pesquisa de São Paulo, Minas Gerais e do Pará, teve o edital lançado em 2010. Os primeiros projetos começaram em 2011, com investimento de R\$ 61 milhões da Vale e R\$ 38 milhões das FAPs. A parceria com a Fapesp financiou 24 projetos e 105 bolsas de pesquisa, em nove instituições de Ciência e Tecnologia. Na Fapemig, foram 56 projetos e 163 bolsas, envolvendo 17 instituições. Já a Fapespa contou com 34 projetos e 353 bolsas de pesquisa, distribuídos por quatro instituições de ensino superior.

No caso de Minas Gerais, por exemplo, muitos dos projetos apresentaram potencial de internalização na mineradora. Sobre essa aplicação prática, Paulo Sérgio Lacerda Beirão, diretor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Fapemig, observa que a publicação de um

artigo científico é importante, mas pouco adianta se o conhecimento ficar restrito às prateleiras. O resultado das pesquisas precisa ser absorvido fora do meio acadêmico, seja nas empresas privadas, seja no setor público.

– Uma das maneiras de fazer isso é atender às grandes questões que as empresas apresentam. Descobrir onde estão os gargalos tecnológicos ou de conhecimento que estão impedindo a inovação – diz Beirão.

Elza Fernandes de Araújo, assessora adjunta de Inovação da Fapemig, reforça o conceito, ao lembrar que a interação entre universidade e empresa é imprescindível:

– Grande parte do conhecimento acumulado está nas instituições de pesquisa, como universidades e institutos de Ciência e Tecnologia, que dominam uma determinada metodologia ou avançaram no

Foco na cooperação
estruturada e de
longo prazo



Laboratório de automação e robótica: pesquisadores do ITV trabalham em robô que explora cavernas inacessíveis

Canal para recebimento de propostas de P&D

A Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação avalia projetos de P&D enviados por instituições que tenham interesse em firmar parceria com a Vale. O canal é ativado ao ser lançado um edital ou disponibilizada uma nova frente de pesquisa.

Em um formulário disponível no site www.vale.com, na página de Oportunidades Globais, tanto o público externo quanto os empregados podem submeter propostas, desde que elas contribuam para que os desafios da cadeia de mineração sejam superados a médio ou longo prazo. Também é preciso contemplar ao menos um entre os dez temas considerados estratégicos para a empresa: Saúde e Segurança; Barragens e Gestão de Rejeitos; Produtividade; Cavidade e Canga; Umidade e Poeira; Comunidades; Automação; Meio Ambiente; Transportador de Correia; e Licença para Operar.

Ao preencher o formulário, deve-se informar a previsão de orçamento do projeto. O investimento da Vale pode ser aplicado nas mesmas modalidades de financiamento adotadas pelas agências de fomento: bolsas de pesquisa; material permanente (recursos tecnológicos e equipamentos para a execução do projeto, nacionais e/ou importados); material de consumo (materiais ou insumos utilizados na execução do projeto, nacionais e/ou importados); participação em congressos; viagens para pesquisa de campo; e serviços de terceiros.

O ciclo de avaliação dos projetos recebidos é anual e dividido em duas fases: técnica, na qual são analisados os aspectos estratégicos e tecnológicos da proposta; e orçamentária, em que se verifica a disponibilidade de recursos da empresa para investimentos no ano seguinte. Quando todos os quesitos são atendidos, firma-se um Termo de Cooperação entre a Vale e a instituição parceira, oficializando a parceria.

conhecimento. Se a empresa não sabe disso, perde uma oportunidade de resolver uma demanda ou um problema, muitas vezes de maneira rápida e relativamente fácil. Quando o pesquisador trabalha diretamente com a demanda corporativa, pode entender melhor a necessidade da empresa e obter resultados mais robustos. Achei admirável que todo o corpo técnico da Vale se empenhasse em avançar nesse sentido.

Desenvolvimento regional

Eduardo da Costa, diretor-presidente da Fapespa, destaca a importância da pesquisa associada a instituições de ensino locais para o desenvolvimento regional. "Não tenho dúvida de que investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação nos ajudam a pensar em uma nova economia, pensar em tecnologias sociais, na verticalização da produção, na diversificação do emprego e renda. Nessa linha, a Vale vem demonstrando um importante papel na indução do desenvolvimento do Pará", pontua.

Ainda em relação às FAPs, a Vale também trabalha em cooperação com as fundações do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Maranhão. Com a Fapes e Faperj, por exemplo, foram financiados 43 projetos de pesquisa, nas áreas de Meio Ambiente, Pelotização e Logística, com aporte total de R\$ 15,32 milhões. Em cada convênio, a Vale investiu o mesmo valor destinado pela fundação: no caso da Faperj, cada parte aportou R\$ R\$ 3,95 milhões; no caso da Fapes, R\$ 3,71 milhões.

Em todos os editais conjuntos, desde 2010, incentivou-se a formação de redes de pesquisa entre instituições de ensino dos estados envolvidos, para promover o intercâmbio de pesquisadores, qualificar ainda mais os projetos e intensificar a troca de conhecimento. Nos editais feitos com as fundações do Rio de Janeiro e Espírito Santo, 18% dos projetos estão sendo desenvolvidos em rede. ■

Meio ambiente é tema estratégico em P&D

Outras parcerias

Vale e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Fundo Setorial Mineral (CT-Mineral)

Temas prioritários do projeto: Tendências Tecnológicas do Setor Mineral e Tecnologias para Sistemas Produtivos Locais do Setor Mineral.

Início: 2009

Vigência: 36 meses

Aporte*: R\$ 6,90 milhões, sendo R\$ 4,70 milhões da Vale e R\$ 2,20 milhões do CNPq, por meio do CT-Mineral

Forma-Engenharia

O programa ofereceu bolsas para alunos do Ensino Médio e de faculdades de Engenharia trabalharem em equipe em projetos de Iniciação Científica e para estimular o interesse por cursos de Engenharia.

Início: 2011

Vigência: 18 meses

Aporte*: R\$ 24 milhões, sendo R\$ 12 milhões da Vale e R\$ 12 milhões do CNPq

Vale e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

Em parceria com a USP, a Vale pesquisa uma forma de aproveitar economicamente os rejeitos produzidos no beneficiamento do cobre.

Início: 2012

Vigência: 72 meses

Aporte*: R\$ 15,18 milhões, sendo R\$ 3,09 milhões da Vale e R\$ 12,09 milhões do BNDES

*Valores referentes ao investimento feito pela Vale, segundo acordos de cooperação firmados com os parceiros.





Cátedra Roda-Trilho impulsiona pesquisa em rede

Modelo de pesquisa inovador na relação entre empresas brasileiras e Instituições de Ciência e Tecnologia, a Cátedra Roda-Trilho foi criada em 2014 a partir de um convênio firmado entre a Vale, por meio da Gerência de Engenharia Ferroviária e da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, e a Universidade de São Paulo (USP), representada pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica.

Cátedras são instâncias acadêmicas destinadas a ensinar e investigar um tema de forma permanente. A USP lidera a iniciativa, mas é uma entre várias universidades envolvidas no trabalho desenvolvido pela Cátedra, que opera em rede, nacionalmente, em cooperação com pesquisadores do Instituto Tecnológico Vale (ITV), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Federal do Pará (UFPA) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Cada uma destas instituições tem um representante no comitê da Cátedra, responsável por avaliar o andamento dos projetos e definir, em conjunto com a Vale, quais os passos a seguir.



Da esq. para a dir., lideranças da Cátedra: Aldo Machado (Vale), Amilton Sinatora (ITV), Roberto Souza (USP) e Edilson Jun Kina (Vale)

Cuidado no planejamento de rota

Atualmente, há 15 projetos em desenvolvimento, que integram os seguintes temas: Metalurgia de rodas e trilhos; Mecânica do contato roda-trilho; Dinâmica do vagão; Geometria e esforços na via permanente; Superestrutura da via permanente; e Gestão do contato. Amilton Sinatora, hoje pesquisador titular do Instituto Tecnológico Vale, era na época da celebração do convênio professor titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP. Ele conta que uma das razões de êxito da Cátedra foi sua estruturação cuidadosa:

– Pensamos em longo prazo. O primeiro passo foi organizar eventos em São Luís, no Maranhão, e em Vitória, no Espírito Santo. Participaram docentes, fornecedores e empregados da Vale, ocasião em que fizemos debates sobre Tribologia (estudo do atrito, desgaste e lubrificação). Depois, houve visitas técnicas em São Luís, onde identificamos oportunidades de estudo junto com as equipes técnicas da empresa e, de forma progressiva, as transformamos em projetos, a partir das demandas e competências envolvidas.

Amilton avalia que não houve dificuldades de entendimento entre pesquisadores e profissionais da Vale. Desde o início, a interação se deu de forma bastante positiva, e o maior desafio, já superado, foi chegar a um instrumento jurídico capaz de proteger ao mesmo tempo os interesses da empresa, a liberdade de criação do professor e a propriedade intelectual das descobertas obtidas com os projetos.

Conhecimento em via de mão dupla

O engenheiro Aldo Machado, especialista ferroviário em Via Permanente da Gerência de Engenharia Ferroviária, é um dos profissionais da Vale que apoiam as atividades da Cátedra. Há seis anos na mineradora, ele afirma que “um dos aspectos interessantes desse modelo é perceber como são complementares os projetos desenvolvidos em diferentes universidades. Além disso, trabalhar com instituições brasileiras é muito bom pela proximidade. A universidade está aqui agora e também estará daqui a dez anos. Seus pesquisadores podem aprender com a operação e nossos profissionais aprendem com as tecnologias trazidas por eles, numa via de mão dupla que permite reter o conhecimento e aprofundá-lo, algo difícil de acontecer com consultorias estrangeiras, por exemplo”.

Mais velocidade para alcançar resultados

Atual coordenador do projeto e docente do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, o engenheiro mecânico Roberto Souza fez seu doutorado em Engenharia de Materiais e Metalúrgica nos Estados Unidos e pós-doutorados na USP e na França.

Há um ano ligado à Cátedra, o engenheiro aponta outra vantagem da pesquisa conjunta: “O modelo tradicional do centro de pesquisas das empresas é benéfico, porém de difícil movimentação lateral. Demora mais até que um profissional desses centros se forme. Se a empresa contata uma universidade que já faz uma pesquisa que lhe interessa, há um ganho enorme de tempo, refletido em soluções e resultados mais rápidos. Já para nós, da academia, é uma chance de colocar a teoria em prática, em benefício da sociedade, e de aperfeiçoar nossa formação”.

Com o desenvolvimento dos projetos (veja quadro), espera-se que o conhecimento adquirido se traduza em melhorias na segurança dos veículos, no aumento da capacidade de carga transportada por eixo/vagão e na durabilidade das vias permanentes, parâmetros relevantes para a competitividade dos serviços de logística da Vale. Nesta edição,

o informativo detalha duas iniciativas da Cátedra Roda-Trilho, para que se possa, por um lado, entender melhor a dinâmica do seu modelo de pesquisa e, por outro, divulgar os primeiros resultados das pesquisas que vêm sendo realizadas.

Projeto	Implantação	Pesquisador líder	Instituição
Caracterização das soldas e regiões afetadas pela solda dos diversos tipos de trilhos empregados pela Vale e elaboração de um modelo para prever propriedades desejadas na região da solda e afetada pela solda	2016	Luiz Henrique Dias Alves	UFJF
Mecânica do contato: elaboração de diagrama <i>shakedown</i> e sua aplicação para o par roda-trilho	2016	Cherlio Scandian	UFES
Modelos de mecânica do contato entre roda e trilho para ferrovias de transporte de carga pesada	2016	Alfredo Gay Neto	USP
Estudo do efeito da estrutura <i>frame brace</i> em um vagão ferroviário	2016	Auteliano Antunes dos Santos Junior	Unicamp
Estudo de defeitos em trilhos	2017	José Maria do Vale Quaresma	UFPA
Estudo metalúrgico de rodas e trilhos ferroviários: análise, microestruturas, propostas de melhoria	2016	Hélio Goldenstein	USP
Análise e definição de critérios de projeto de perfis de roda e trilho considerando a dinâmica veicular	2017	Guilherme Fabiano	UFES
Fatores que levam a falhas como ovalização e fratura de rodas empregadas no <i>Heavy Haul</i> e sua relação com os processos de fabricação	2016	Luiz Henrique Dias Alves	UFJF
Defeitos em rodas ferroviárias	2017	Cherlio Scandian	UFES
Tratamento térmico de solda aluminotérmica e por caldeamento de trilhos	2017	Paulo C. Machado	UFPA
Apoio à implantação do esmerilhamento preventivo de trilhos na Estrada de Ferro Vitória a Minas	2017	Roberto Martins de Souza	USP
Catálogo de defeitos em jacarés	2017	Roberto Martins de Souza	USP
Apoio à criação de um índice de qualidade de trilhos: contribuição das propriedades mecânicas, da resistência à fadiga de contato e da estabilidade térmica da microestrutura	2016	Hélio Goldenstein	USP
Lubrificação	2017	Tiago Cousseau	UTFPR
Microestrutura de rodas	Em tramitação	Paulo Roberto Mei	Unicamp

Modelo de contato é inovação mundial

Intitulada “Modelos de mecânica do contato entre roda e trilho para ferrovias de transporte de carga pesada”, uma pesquisa promissora vem sendo realizada desde 2016 pelo professor Alfredo Gay Neto, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), em parceria com a área de Engenharia Ferroviária da Vale. O objetivo é, em um primeiro



momento, entender como são estruturados os modelos de contato existentes nos sistemas Nucars e Vampire, utilizados pela empresa. A partir daí, os pesquisadores irão formular e implementar novos modelos de contato para representar a interação roda-trilho, com base na determinação de forças de contato e utilizando uma formulação *master-master*, inovadora no contexto de aplicações ferroviárias.

No escopo do projeto, também vem sendo conduzido um estudo para determinar a distribuição de pressão de contato na geometria roda-trilho. E, de forma complementar, serão investigados os solavancos causados por pequenos desalinhamentos verticais entre trechos de trilhos das ferrovias.

Trilhando descobertas

Alfredo Gay Neto graduou-se em Engenharia Mecânica pela USP, instituição na qual fez seu doutorado. O pós-doutorado foi realizado na Escola Politécnica da USP e na Leibniz Universität-Hannover, da Alemanha, tendo como objeto o tema “Mecânica computacional de contato entre estruturas de vigas”. Na pesquisa que desenvolve para a Vale, ele trabalha com dois mestrandos e três alunos de graduação em vertentes específicas do projeto.

– No transporte de 35 toneladas de minério por rodeiro, 17,5 toneladas estão apoiadas em uma roda, em uma área de contato com o trilho de aproximadamente 1cm^2 . Durante o movimento do trem, a cada instante a roda encosta em um ponto diferente do trilho, com uma pressão que vai mudando tanto na roda, quanto no trilho. Esse esforço cíclico causa fadiga, gerando trincas, por exemplo. Também pode haver desgaste dos materiais nessa interação roda-trilho. Aí, surge uma pergunta importante: quantas vezes é possível que o trem passe antes de o trilho quebrar? – questiona Alfredo, para explicar o papel de sua pesquisa.

A resposta, baseada no entendimento da física sobre o fenômeno que leva a fadiga e desgaste, ajudará a prevenir acidentes e a antecipar reparos nas ferrovias. Uma das linhas do estudo, desenvolvida pela

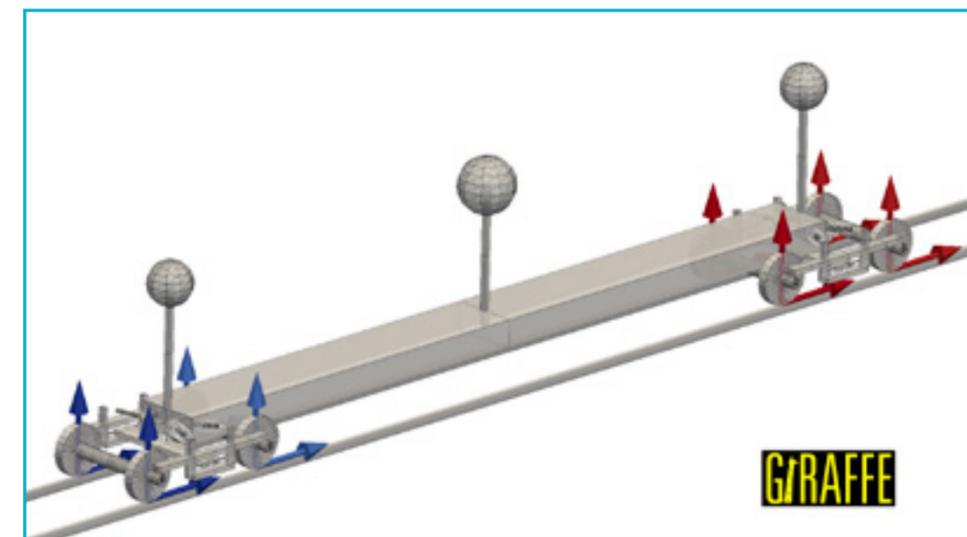


Figura 1: Modelo de Elementos Finitos de um vagão mostrando a ação das forças de contato nas rodas

mestranda Debora Naomi Higa, da USP, é mais pragmática nesse sentido e busca a otimização da superfície dos trilhos. A partir da avaliação do que já é feito no mundo com essa finalidade, o trabalho pretende chegar às formas geométricas dos trilhos e rodas mais adequadas nas diversas condições em que é feito o transporte das cargas, definindo, entre outros parâmetros, a forma que deve ser aplicada nos trilhos, durante o esmerilhamento, para atingir melhores resultados. “Esses parâmetros são repassados hoje por consultorias contratadas. Com o desenvolvimento da pesquisa, o conhecimento adquirido ficará na Vale, que inclusive terá acesso à mão de obra especializada, formada aqui”, ressalta Alfredo.

Pesquisa de ponta é locomotiva

A segunda vertente é pioneira em nível mundial e propõe uma nova forma de tratar o contato roda-trilho, lastreada em um modelo de contato entre corpos desenvolvido por Alfredo Gay Neto nos últimos dois anos, em parceria com a Universidade de Hannover, e ainda não utilizado em aplicações ferroviárias. “É algo inovador, a Vale está investindo em pesquisa de ponta”, garante. Esse modelo trabalha junto com o Método dos Elementos Finitos, utilizado para calcular os deslocamentos, deformações e tensões de uma estrutura submetida a carregamentos e restrições.

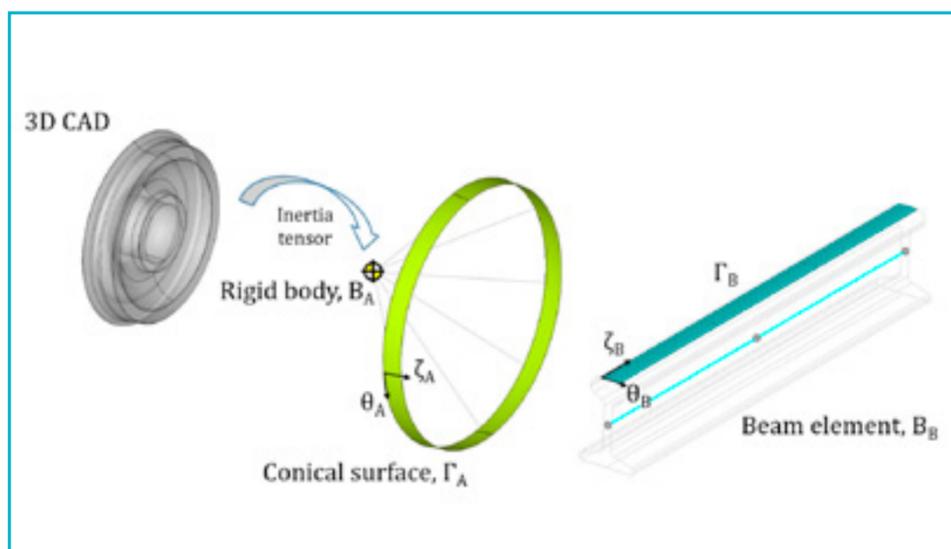


Figura 2

Paulo Roberto Refachinho de Campos, mestrando da USP, participa da pesquisa e escreverá sua dissertação sobre o tema. Em julho de 2017, ele apresentou na 5th International Conference on Computational Contact Mechanics, realizada na Itália, um artigo em que tratava do estágio do estudo até este momento. No trabalho Paulo Roberto mostra esquematicamente o conceito do modelo proposto e destaca seu caráter promissor. Na figura 2, corpos rígidos ligados às superfícies cônicas parametrizadas são usados para representar as rodas que interagem com a pista. Os trilhos são modelados por elementos finitos de vigas.

Em relação à pesquisa apresentada pelo mestrando, as etapas que estão em desenvolvimento hoje incluem:

- a parametrização da roda e da seção transversal do trilho, de acordo com especificações geométricas definidas pela Vale a partir do perfil típico de rodas e trilhos utilizados nas operações da empresa;
- a modelagem da equação geral do movimento de um corpo rígido, por meio de seis graus de liberdade (três graus de liberdade de translação e três de rotação). O modelo estará escrito em função da matriz de inércia da roda, calculada por meio de um *software* CAD auxiliar, gerando uma entrada para o *software* Giraffe, que funciona na USP e foi desenvolvido por Alfredo Gay Neto;

- a modelagem do contato roda-trilho, principal núcleo de inovação do projeto, que deverá prever a possibilidade de contatos pontuais, com um, dois ou três pontos de contato, e capturar o rolamento da roda no trilho, bem como a possibilidade de deslizamento em situações de frenagem ou curvas.

De posse das implementações dos novos modelos de contato e de seu pós-processamento, será possível no futuro gerar uma série de simulações e resultados para o estudo da sensibilidade da previsão de pressões de contato em relação a parâmetros geométricos dos perfis roda-trilho. Assim, se poderá estabelecer uma metodologia para escolha de perfis convenientes de par roda-trilho, baseada no critério da máxima pressão de contato. Com o tempo, outros critérios também serão estabelecidos.

– Nossa perspectiva é acoplar os esforços de contato com a dinâmica dos vagões, comparando o modelo que iremos propor em

relação ao atual, criado por fornecedores externos, para avaliar qual é o mais vantajoso. Fazer esse trabalho do zero dará à Vale controle total sobre o processo e será útil, também, para a definição de tópicos futuros de estudo. Nas reuniões que tivemos com as equipes da empresa, pudemos conversar sobre questões práticas, como os locais onde a fadiga acontece de forma mais intensa, o que nos possibilitou uma forma diferente de ver o problema. Isso agrega muito para a solução – afirma Alfredo.

O engenheiro Edilson Jun Kina, especialista técnico em Material Rodante, da Gerência de Engenharia Ferroviária, trabalha na Vale desde 1993 e é ponto focal de vários projetos da Cátedra. Para ele, “o nível de discussão foi muito elevado a partir da interação com os pesquisadores. Até a conversa com os fornecedores mudou. Temos, de um lado, a oportunidade de capacitar nossa equipe e, de outro, a formação em alto nível de jovens que entrarão no mercado com conhecimento de campo, já completamente preparados”, comemora.



Modelo matemático aumentará qualidade das soldas

Na interação roda-trilho, objeto de análise da Cátedra, as soldas realizadas ao longo das ferrovias têm grande importância para a segurança do transporte de pessoas e minério, refletindo-se em maior produtividade para as operações, já que apenas na Estrada de Ferro Carajás (EFC), por exemplo, são feitas de 5 mil a 6 mil soldas aluminotérmicas anualmente.

Em busca da melhoria de performance nesse processo, que já tem na Vale padrões altos de confiabilidade, desde 2016 vem sendo desenvolvida a pesquisa “Caracterização das soldas e regiões afetadas pela solda dos diversos tipos de trilhos empregados pela Vale e elaboração de um modelo para prever propriedades desejadas na região da solda e afetada pela solda”.

O estudo, levado à frente em parceria com a área de Engenharia Ferroviária da empresa, é liderado pelo professor Luiz Henrique Dias Alves, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), graduado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense (UFF), mestre em Engenharia Mecânica com ênfase em Materiais, Tribologia e Fenômenos de Superfície pela Universidade de São Paulo (USP) e doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).



Projeto aumentará a segurança e a produtividade nas ferrovias da Vale

Curso de soldagem e engajamento

No âmbito da Cátedra, mas antes mesmo do início formal do projeto, Luiz Henrique realizou, em São Luís (MA), um curso sobre soldagem de trilhos, ministrado em conjunto com o professor Moisés Lagares (UFJF), do qual participaram 25 profissionais da área de Engenharia Ferroviária que atuam no campo, entre os quais operadores de execução de solda.

Dois meses depois do primeiro contato com os pesquisadores durante o curso, que aconteceu em outubro de 2015, a Vale revisou os procedimentos de soldagem na EFC. A iniciativa trouxe resultados concretos a partir da adoção de medidas como a alteração do tempo para a retirada das presilhas e placa de fundo, de 4 para 5 minutos, e do tempo para rebarbagem da solda, de 6 para 7 minutos.

– Ainda não havia ministrado um curso com tanto engajamento. Os profissionais questionaram e quiseram esclarecer suas dúvidas. No dia seguinte, eu continuei a receber demandas por e-mail e, desde então, converso com empregados da Vale por telefone quando eles desejam saber de algo. É uma interação muito boa, importante para a nossa pesquisa – afirma Luiz Henrique.

Ricardo Souza, engenheiro pleno da Gerência de Engenharia Ferroviária que dá suporte ao estudo, lembra que o curso, ministrado também em Vitória, “trouxe para as equipes que atuam com soldas no dia a dia uma visão teórica, científica do processo. A gente percebe que, com esse conhecimento, os profissionais passam a compreender por que estão fazendo o procedimento de determinada forma. E entender o processo do ponto de vista teórico é fundamental para o sucesso de sua aplicação prática”, destaca.

De São Luís para a conferência internacional

No início do projeto, já em 2016, a equipe acompanhou a soldagem dos trilhos em campo e no estaleiro de solda das oficinas da Vale, com a coleta de amostras das juntas soldadas. Após o levantamento de todos os parâmetros de soldagem utilizados e da relação causa-efeito sobre a junta soldada, foi feita a caracterização completa das juntas, compreendendo variação microestrutural, área de diluição, composição química, dureza, propriedades mecânicas e sanidade interna.

O estudo levou em conta, até agora, os processos de soldagem de trilhos por aluminotermia, para, depois, avançar para a soldagem por centelhamento. Realizada em uma linha de testes montada ao lado da EFC, em São Luís, a pesquisa teve seus processos descritos no artigo “Employing the Design of Experiments for Optimization and Modeling of Thermite Welds of Rails Used on the EFC Line”, apresentado em setembro de 2017 na conferência da International Heavy Haul Association (IHHA), que aconteceu na África do Sul. O texto foi produzido pelos professores Luiz Henrique e Roberto Malheiros, também da UFJF, e pelos engenheiros da Vale Aldo Machado, Ricardo Souza e Raimundo Baldez, da Gerência de Engenharia Ferroviária.

Processo Thermite em detalhe

O processo de soldagem Thermite, empregado na Vale, foi analisado em suas diversas etapas. Trata-se de um processo de solda por fusão em que a geração de calor necessária para o procedimento vem de uma reação de redução aluminotérmica fortemente exotérmica, cujas temperaturas chegam a ultrapassar 2500°C.

O Thermite tem como vantagens o baixo lead time e boa qualidade da junta soldada, mas o número de variáveis envolvidas em sua realização pode levar à ocorrência de defeitos relacionados à solidificação, como rechupes, microrechupes, poros, segregações, trincas e outras heterogeneidades metalúrgicas que influenciam as propriedades mecânicas e a dureza da solda e da zona termicamente afetada por ela.

A reação aluminotérmica que ocorre no processo Thermite segue em geral a equação $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$ (heat \rightarrow 850 KJ). Essa equação é balanceada de modo a se obter um metal de adição com a temperatura e composição química adequadas e uma escória com fluidez e densidade apropriadas. Chega-se, então, à equação geral $Fe_2O_3 + 2Al + alloys + flux \rightarrow liquid\ steel + slag$.

As ligas normalmente utilizadas durante o procedimento são C, Si, Mn, Cr, Ni, V e Mo. Emprega-se também aço em forma de esferas, a fim de adequar a composição química da liga e as propriedades mecânicas da junta soldada, aproximando-as das propriedades dos trilhos, além de ajustar a temperatura.

Materiais e métodos

Para examinar o efeito de cada fator envolvido no processo Thermite e as possíveis maneiras em que o fator pode ser modificado pela variação dos outros fatores – as suas interações –, utilizou-se a metodologia Design of Experiment (DOE), cujo objetivo é determinar como as variáveis afetam o processo, com o grau de precisão esperado e no menor custo.

As variáveis a serem investigadas na análise foram definidas em conjunto com o corpo técnico da EFC, a partir das oito alternativas disponíveis em literatura, optando-se pelas três que se relacionam de

Processo Thermite em seis passos



1 Alinhamento dos trilhos para soldagem



2 Montagem do molde na região da solda



3 Molde travado e pronto para ser calafetado



4 Reação aluminotérmica e vazamento da solda



5 Solda rebarbada em processo de resfriamento



6 Inspeção visual da solda já acabada

Luiz Henrique Dias Alves

forma mais intensa com as características do trabalho feito na Vale: Welding Gap (espaçamento preenchido pelo metal de solda); Preheating Oxi-LPG time (tempo de pré-aquecimento seguindo parâmetros de pressão de gás e mistura de gases); e Equivalent carbon (composição química medida em termos de carbono equivalente).

O arranjo experimental definido para o estudo foi um fatorial completo do tipo 2k (2 níveis e k = 3 fatores) com duas réplicas, perfazendo 16 experimentos. Na condução dos experimentos, realizaram-se sequências de soldas de forma aleatória em dois trilhos novos de 24m de comprimento, sendo um com carbono equivalente abaixo de 1% e outro acima de 1,2%. De cada trilho foram retiradas duas barras de 3,5m, posicionadas de forma a reproduzir as condições reais de campo e, então, de todas as amostras soldadas extraiu-se uma pequena parte da solda para análise química e caracterização. Também foram colhidas amostras de escória para análise.

Conclusões e recomendações

Entre as conclusões da pesquisa, está a descoberta de que trilhos com carbono equivalente superior a 1,2% apresentam mais tendência à formação de defeitos visuais como trincas e rechupes do que os trilhos com carbono equivalente menor que 1%. Para soldagem de trilhos com maiores teores de carbono, passou-se a recomendar o trabalho com Welding Gap no nível inferior. Outra recomendação importante foi aumentar o tempo para quebra dos massalotes laterais após a soldagem. A interação Preheating Oxi-LPG time e Welding Gap se mostrou muito significativa no caso dos defeitos internos. Para reduzi-los, o *gap* deve estar no máximo e o tempo, no mínimo.

– O modelo matemático que permitirá a realização de soldas alumínótérmicas com menos riscos de defeitos internos nós já geramos e está em testes. Até o final de 2017, o trabalho irá incorporar também as propriedades mecânicas nas juntas soldáveis – explica Luiz Henrique.

Sobre os resultados, José Ribamar Santos, analista máster que acompanha o estudo e trabalha na Gerência de Engenharia

Ferroviária, destaca que “esse tipo de iniciativa que aproxima a academia e as áreas operacionais, com ênfase no desenvolvimento de tecnologias aplicadas aos negócios, quando é feito com um bom desenho e alinhamento, como nesse caso, traz ganhos e conhecimentos que precisam ser disseminados”.

Acesse vale.com/MAIS e leia artigos, dissertações de mestrado e outros conteúdos relacionados à Cátedra Roda-Trilho. ■

Engaje-se

A Cátedra Roda-Trilho busca tornar o transporte de minério mais eficiente e seguro, por meio de estudos em metalurgia, mecânica do contato, dinâmica do vagão, geometria e esforços na via permanente, superestrutura da via permanente e gestão do contato. Esses temas interessam a você ou podem ser úteis no seu trabalho? A Cátedra realiza pesquisas continuamente desde 2014, e, pelo e-mail MAIS@vale.com, você pode conversar com profissionais da Vale para conhecer melhor essa iniciativa.

Glossário

Formulação *master-master*: Técnica para o tratamento computacional de modelos de contato em que ambas as superfícies, candidatas a contato, são tratadas de forma igual e não é feita a eleição a priori de pontos materiais candidatos a contato de um dos dois lados (*slave points*). Difere da técnica *master-slave* exatamente nesse sentido.

Método dos Elementos Finitos: Método numérico com grande potencial em aplicações computacionais que permite a solução aproximada de sistemas de equações diferenciais. Na prática, pode ser usado para solução de modelos de mecânica estrutural, mecânica dos fluidos e diversas outras aplicações importantes na Engenharia.

Matriz de inércia da roda: Ao descrever a roda como um corpo rígido, a distribuição de sua massa no espaço pode ser representada em uma única entidade matemática denominada matriz de inércia, trazendo toda essa informação, que é fundamental para o estudo de seu comportamento dinâmico.

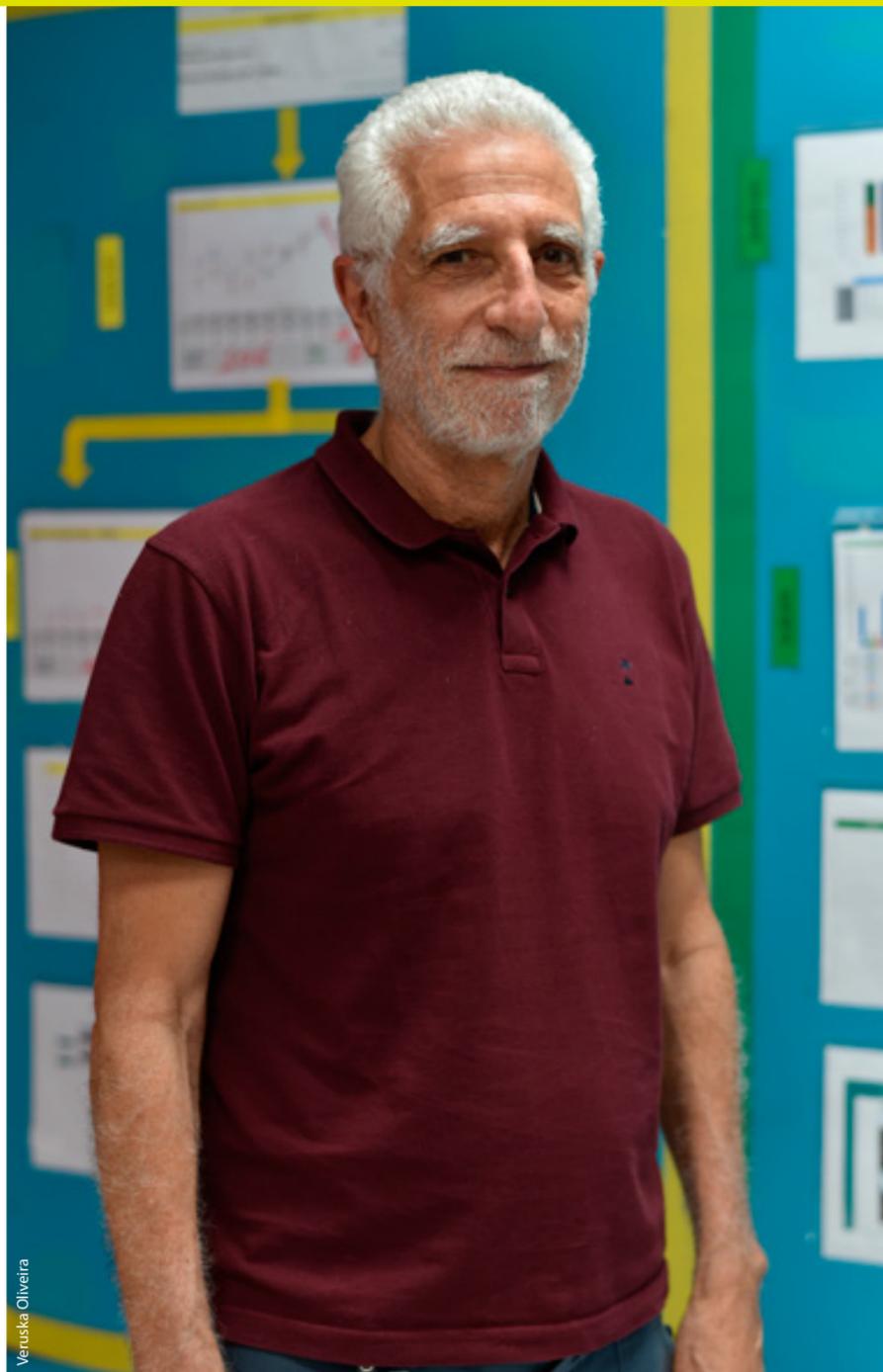
Rechupes: São defeitos internos decorrentes do processo de solidificação. Ocorrem devido às contrações naturais na passagem do estado líquido para o sólido.

Fatorial completo: Modelo de experimentação em que todas as combinações possíveis são realizadas.

Massalotes: Também conhecidos como “alimentadores”, são os reservatórios de massa posicionados nas seções a serem alimentadas, com o objetivo de suprir com líquido as contrações de solidificação, evitando assim a formação de rechupes na peça ou solda.

Rebarbagem: Operação de retirada de rebarbas ou canais de alimentação e massalotes. É um acabamento grosseiro.

Amilton Sinatora



Veruska Oliveira

Curiosidade e método são a base para a formação de um pesquisador

Engenheiro metalurgista por formação, o professor Amilton Sinatora graduou-se pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), em 1975. Seu mestrado e doutorado foram realizados na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e o pós-doutorado aconteceu na Universitaet Bochum, da Alemanha. Pesquisador titular do Instituto Tecnológico Vale (ITV) desde 2016, Amilton Sinatora participou ativamente da concepção da Cátedra Roda-Trilho, como coordenador do projeto na USP. Nesta entrevista, ele fala sobre sua trajetória profissional, a pesquisa na Vale e a importância do conhecimento compartilhado entre empresa e academia.

“ Em cada localidade há que se fortalecer as instituições locais de Ciência e Tecnologia, de modo a capacitá-las a prover a empresa com pessoas qualificadas, serviços sociais e tecnológicos, bem como com inovação e pesquisa em suas áreas de interesse

Antes de atuar no ITV, onde o senhor trabalhou?

No Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, na Escola de Engenharia Mauá e Mackenzie e no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, onde lecionei por 31 anos. Fui também gerente de Inovação da Villares Rolls (cilindros para laminação de aço), empresa que hoje faz parte do Grupo Gerdau.

Hoje sua dedicação é exclusiva ao ITV?

Como parte de minhas atividades mantenho orientações de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da USP e no mestrado profissionalizante em Automação no ITV Mineração, em Ouro Preto (MG).

Quais são as linhas de sua atividade de pesquisa?

Minha linha de pesquisa é Tribologia (estudo do desgaste em suas diversas formas, do atrito e da lubrificação). Nesta linha, atuei na USP e também atuamos no ITV, nas seguintes frentes:

- desgaste na mineração, em que o principal projeto é de corpos moedores (bolas de moinho), na busca por materiais de menor custo;
- desgaste em transportadores de correia, com atuação concentrada em placas para revestimento de chutes e com projetos recém-iniciados sobre rolos e projeto em elaboração sobre correias;

“ É preciso formular a boa pergunta, elaborar um experimento crítico que teste a hipótese, analisar os resultados criticando tanto o método, quanto a hipótese e seguir em frente ou colhendo os frutos, ou elaborando e testando novas hipóteses

- pelotização, com um projeto para entender e minimizar o desgaste dos pinos dos moinhos de alta energia;

- ferrovia, com atuação em projetos de trilhos e rodas.

Liderei por parte da USP, na época em que lá estava, a construção da Cátedra Roda-Trilho. No ITV, o principal projeto é o que trata da criação de um índice de qualidade de trilhos (Rail Quality Index), inspirado e orientado por demandas da ferrovia.

Quantos mestrados e doutorados já orientou?

Ao todo, foram 23 dissertações de mestrado e 17 teses de doutorado.

O que é preciso para ser um bom pesquisador, em sua visão?

Curiosidade e método. A curiosidade é essencialmente inata e vem associada a uma permanente inquietude com o estado das coisas. O método se aprende, e o estudo faz parte dele. É preciso formular a boa pergunta (hipótese), elaborar um experimento crítico que teste a hipótese, analisar os resultados criticando tanto o método quanto a hipótese e seguir em frente ou colhendo os frutos, ou elaborando e testando novas hipóteses.

O que o motivou a seguir esse caminho?

Os exemplos de curiosidade e amor pelo estudo vieram de meu pai e meu avô paterno, respectivamente. Pude usufruir o privilégio de estudar em uma escola pública de alta qualidade, o Colégio Estadual do Paraná, onde tive o exemplo de um professor de Ciências no primeiro grau e acesso a uma ampla e bem fornida biblioteca com livros de diversos campos. Ao acervo desta biblioteca, se somava o da Biblioteca Pública Municipal de Curitiba, que ficava no caminho de retorno para casa.

Que legados um pesquisador deve deixar para a sociedade?

O pesquisador é um empregado ou de uma empresa, ou do Estado. Nesse sentido, sua obrigação é realizar seu serviço, no meu caso reduzir as perdas por desgaste na Vale, aumentar a disponibilidade dos equipamentos etc. No caso da pesquisa em Tribologia, como ela quase sempre visa reduzir consumos de materiais, perdas de energia por atrito e minimizar o uso de lubrificantes, há indiretamente uma contribuição ambiental quase que inevitável. Isso me parece relevante e, por isso, escolhi a Tribologia como campo de atuação. Quase sempre há como beneficiar a empresa e simultaneamente a sociedade.



Esse seria o cenário ideal, não?

A ciência é comprometida com os valores dominantes de cada época e de cada país que a mantém e sustenta. Na minha opinião, o pesquisador deve, como qualquer cidadão, ser permanentemente crítico, não apenas no laboratório, mas também em relação ao contexto em que vive. Por isso, entendo que o legado maior, além da contribuição profissional estrita, é a postura crítica e de permanente questionamento. Por fim, há a contribuição por meio da qual as demais anteriormente citadas se materializam: a formação de pessoas e de sucessores. Sinto orgulho quando vejo que alguns dos meus ex-orientados e supervisionados em estágio de pós-doutorado têm desempenho bem melhor do que o meu, considerando a mesma idade para comparação tanto nas atividades específicas, quanto em relação à postura crítica.

Como avalia a importância da inovação aberta para a interação entre empresa e academia?

A inovação aberta, a inovação feita em parceria com instituições do sistema de Ciência e Tecnologia do Brasil e, por vezes, do exterior, além daquela realizada com empresas da cadeia de suprimentos, é uma das formas de se fazer inovação, uma das muitas. Dependendo do momento do país, de suas empresas e da Vale em particular, seu uso é mais ou menos adequado. Seu uso hoje me parece fundamental, pois as minas da Vale estão onde estão e, por isso, em cada localidade há que se fortalecer as instituições locais de Ciência e Tecnologia, de modo a capacitá-las a prover a empresa com pessoas qualificadas, serviços sociais e tecnológicos, bem como com inovação e pesquisa em suas áreas de interesse. Além dessa necessidade estratégica para o momento da Vale e do país, há um evidente benefício para a empresa, que é recorrer ao grande estoque de conhecimento do sistema público de pesquisa brasileiro para desdobrar – ou internamente, ou com a participação de integrantes das instituições acadêmicas – esse conhecimento na resolução de problemas ou na antecipação de necessidades do negócio.

Como avalia essa interação de forma geral, hoje, no país, e especificamente na Vale?

O Brasil conta hoje com uma vasta rede de laboratórios bem equipados e com um contingente de pesquisadores em Engenharia bastante amplo. Há, no momento, a dificuldade de custeio desse parque de laboratórios. Simultaneamente, ainda que tenha havido significativos avanços, existem limitações no engajamento desses pesquisadores em temas nacionais relevantes. Superar essas limitações torna a atuação do ITV e da Vale muito mais motivadora e importante. Em que pese meu pouco tempo de convívio, já que estou trabalhando no ITV há apenas um ano, vejo que a Vale começa a perceber que a pesquisa é, da mesma forma que o trabalho e o capital, um fator de produção – e dentre eles o que pode gerar diferenciação. Nesse sentido, a mobilização pela inovação e a crescente vinculação dos ITVs com as diversas áreas da mineradora são sinais encorajadores. ■

A ciência é comprometida
com os valores dominantes
de cada época e de cada país
que a mantém e sustenta



Fragcom busca alta performance de desmonte com redução de custos

Fragcom é um projeto de pesquisa desenvolvido em parceria pela Vale, por meio da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, com a participação da Diretoria de Operações de Ferrosos Sul/Sudeste, e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por seu Laboratório de Pesquisa Mineral e Planejamento Mineiro. Inspirado em uma iniciativa semelhante criada na Austrália durante os anos 1990, de nome “Mine to Mill”, o projeto foi iniciado em 2012, tendo objetivos de amplo espectro: estudar a fragmentação produzida no desmonte de rochas com utilização de explosivos e suas repercussões nas operações unitárias de lavra e cominuição. Por sua abrangência, tornou-se um programa com subprojetos nos campos de Planejamento, Perfuração, Desmonte, Carga, Transporte, Amostragens, Britagem e Moagem.

Como o projeto chegou à Vale

A proposição do Fragcom foi feita à Vale pelo professor Jair Koppe, graduado em Engenharia de Minas pela UFRGS e em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), com mestrado em

Engenharia Civil - Mecânica dos Solos, e doutorado em Geociências pela UFRGS. Seu pós-doutorado foi concluído na University of Queensland, instituição australiana que desenvolveu o “Mine to Mill” em cooperação com mineradoras do país.

– Eu trouxe esse conceito do Fragcom para discussão com a Vale a partir de uma solicitação da empresa, que queria entender como fazer a formação de custos nas operações de perfuração e desmonte de rochas. Nós, aqui no laboratório, interagimos com a Vale há muito tempo. Quando apresentamos o projeto pela primeira vez, em 1998, a empresa pouco utilizava explosivos em suas operações; o minério era lavrado por escavação mecânica, basicamente. Bem mais tarde, no início desta década, o Fragcom pôde ser viabilizado com a montagem de uma estrutura para aproveitamento de itabiritos compactos pela Vale, em Itabira (MG). A projeção é que a exploração siga crescendo até 80% de rocha dura nos próximos anos, então toda a operação vai precisar de uma fragmentação adequada para atender a planta. E isso ocorre, também, em outras minas da empresa – garante Jair Koppe.

Oportunidade de capacitação técnica

Após a etapa de diagnóstico, cujo objetivo era tornar o estudo mais produtivo nas diversas áreas de conhecimento que compõem o Fragcom, foi criado um mestrado tecnológico voltado aos profissionais técnicos da Vale, para que eles pudessem auxiliar o trabalho de pesquisa e, ao mesmo tempo, participar de todas as suas fases. Por meio de cursos *in company*, 17 empregados da Diretoria de Operações de Ferrosos Sul/Sudeste engajaram-se em pesquisas relacionadas à sua atuação, desde 2013. “Houve uma integração entre nossa equipe de pesquisa e os setores da empresa muito importante para o desenvolvimento do Fragcom, já que todos estavam juntos no projeto e puderam contribuir”, afirma o professor.



Projeto de reaproveitamento de itabiritos compactos em Itabira (MG) viabilizou o Fragcom

Visão integral do processo

Os 14 subprojetos hoje em andamento relacionam-se entre si e estão alinhados aos objetivos finais da pesquisa, contemplando um grau de detalhamento que permite abarcar todas as etapas do processo de fragmentação. Estudam-se, para citar alguns temas, a integração do modelo geológico ao desmonte, o número ideal de furos por desmonte, a identificação de blocos compactos com uso de geofísica, a otimização da utilização dos furos do desmonte, a redução dos tempos fixos de carga e transporte, a redução dos gargalos de carga recirculante e a redução do consumo energético nos moinhos.

Dessa forma, busca-se chegar a uma alta performance de desmonte com baixo custo, a partir da avaliação de tópicos como o impacto da fragmentação nas operações de cominuição e as variáveis de maior influência sobre o circuito de britagem e moagem.

Primeiros e promissores resultados

Na prática, chegou-se à conclusão, por exemplo, de que o aumento do número de furos com explosivos para serem detonados de uma só vez levava a uma maior produtividade e à menor necessidade de manutenção das escavadeiras, devido à diminuição de seu deslocamento. Percebeu-se também que é possível definir com mais eficiência a malha de perfuração e onde colocar cada tipo de explosivo, e em que quantidade, com base em modelos geológicos e geofísicos, para assim obter melhores resultados.

Atualmente, há quatro mestrados desenvolvidos por profissionais da Vale em fase de conclusão, com defesas agendadas em 2017, dois já concluídos e dez com conclusão prevista para 2018. Artigos de engenheiros da empresa e pesquisadores da UFRGS já foram publicados em periódicos científicos e apresentados em eventos como o World Mining Congress, que aconteceu no Rio de Janeiro, em 2016.

A seguir, abordamos dois dos 14 subprojetos de pesquisa, relacionados a Geofísica e Transporte. Seu grau de maturidade permite que se perceba com mais nitidez o desenvolvimento do Fragcom.

Ganhos já obtidos

Vale (Complexo de Itabira)

- Melhorias operacionais no processo de perfuração e desmonte, incluindo marcação de malha, controle de profundidade de furos, proteção de furos e controle no carregamento de explosivos.
- Redução de 60% de furos perdidos: diminuição no tamanho de tampão, com utilização de tampão adequado em substituição ao pó de furação. Melhor distribuição de furos e explosivos na perfuração e desmonte.
- Diminuição da formação de blocos nos desmontes, gerando maior aproveitamento dos recursos minerais.
- Aumento de velocidade média de transporte.
- Aumento do porte dos desmontes, com ganhos de produtividade no transporte e otimização da manutenção de escavadeiras.
- Diminuição de 50% de cargas descentralizadas, gerando ganhos na manutenção de caminhões e reduzindo o desgaste de pneus.

- Melhorias significativas na moagem, com aumento de 5% para mais de 30% de alimentação de itabiritos compactos.
- Formação de pessoal: dois mestrados concluídos, quatro com defesa em 2017, dez mestrados agendados para defesa em 2018 e um doutorado em andamento.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

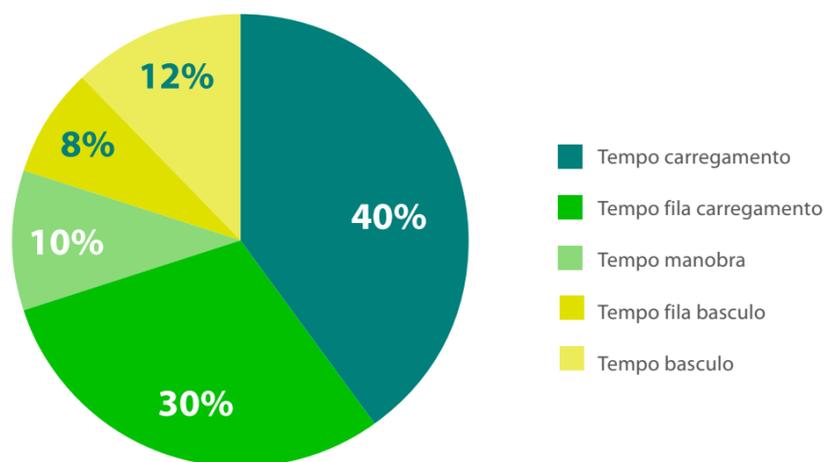
- Melhoria da infraestrutura do Laboratório de Pesquisa Mineral e Planejamento Mineiro, com aquisição de equipamentos e novos *software*.
- Treze artigos científicos apresentados em congressos internacionais, nacionais e revistas técnicas, além da publicação de três dissertações de mestrado.
- Desenvolvimento de metodologias inovadoras nos campos de planejamento de desmonte de rochas, planejamento de lavra e análise de fragmentação.
- Formação de pessoal: três mestrados concluídos por pesquisadores da UFRGS e dois doutorados em andamento.

Pesquisa gera diminuição dos tempos fixos no transporte

O transporte do minério e material estéril oriundo da exploração nas minas, entre a frente de lavra e a britagem primária e/ou os depósitos de estéril, tem seu ciclo de carregamento e basculamento definido pelo percurso do ponto de carga até o ponto de descarga, com retorno ao ponto carregamento. Esse ciclo, medido usualmente pelo tempo gasto entre dois carregamentos consecutivos, é formado por tempos fixos e variáveis.

$Ciclo = \sum \text{tempos fixos} + \sum \text{tempos variáveis}$

Distribuição dos tempos fixos



Os tempos fixos são aqueles relacionados ao carregamento, manobras e descargas da frota de carregamento e transporte, compondo o ciclo produtivo (fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento e tempo de basculamento), enquanto os tempos variáveis estão ligados à velocidade média dos caminhões e à distância percorrida.

Com o objetivo de reduzir os tempos fixos no ciclo produtivo das frotas de transporte e carregamento, variável pouco estudada por representar de 10% a 13% da produtividade da frota de transporte, foi incluída no Fragcom a pesquisa "Influência dos tempos fixos na produtividade da frota de transporte", realizada desde 2014 pelo engenheiro Rodrigo Lisbôa, com orientação do professor Jair Koppe, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O engenheiro está há 19 anos na Vale, é gerente de Operações do Complexo Minerário de Itabira, onde o estudo foi feito, e seu trabalho originou uma dissertação de mestrado. Antes mesmo de sua conclusão, a pesquisa já havia sido colocada em prática e gerado resultados concretos, como a diminuição dos tempos fixos em cerca de 10% em 2016, considerando o ano de 2014 como referência.

Cálculo de produtividade

– No caso dos equipamentos de transporte, o valor da produtividade é medido pela tonelagem transportada para cada hora efetiva de operação. O cálculo da produtividade horária dos caminhões fora

$$Prod = \frac{Carga\ Média}{\sum \text{Tempos Fixos} + \sum \frac{2 * DMT}{Velocidade\ Média}}$$

DMT - Distância Média de Transporte

de estrada é diretamente proporcional à carga média transportada e inversamente aos tempos fixos e variáveis e à distância percorrida – esclarece Rodrigo.

Avaliações teóricas e práticas

A partir da análise do grau de influência de cada parcela dos tempos fixos no aumento de performance, na redução de tempo e no custo operacional, fundamentada em informações já existentes e registradas na base de dados da Vale, foi possível relacionar, comparar e definir os pontos que necessitavam de melhorias no processo e, assim, formar o ranking técnico das equipes responsáveis pelo transporte.

Utilizando ferramentas estatísticas, foram identificados os impactos positivos e negativos na produtividade horária de cada equipamento de transporte e carga. As informações obtidas permitiram a realização de treinamentos e reciclagens com os operadores, referentes ao posicionamento dos equipamentos. Avaliações teóricas e de campo produziram resultados que foram discutidos de forma a se fornecer um *feedback in loco* para cada operador, em relação às questões apresentadas.

– Passamos a realizar treinamentos com os operadores de seis em seis meses, com provas teóricas e práticas. Criamos com a empresa responsável pelo sistema de gerenciamento de frotas um indicador de integridade de resultados que proporciona melhores apropriações. A pesquisa possibilitou uma gestão mais eficiente no dia a dia, com foco na maneira de fazer a supervisão e em características como a imperícia ou habilidade do operador – detalha o engenheiro.

Outras ações inovadoras

Durante o período de pesquisa, foram implementadas diversas ações inovadoras na na operação cotidiana. Entre elas:

Carregamento sequencial

A partir do estudo do transporte de minério, foi desenvolvida uma metodologia para o carregamento sequencial realizado pelas carregadeiras nas frentes de lavra. O procedimento permite a antecipação das manobras dos caminhões fora de estrada nas praças das carregadeiras, definindo-se uma distância de aproximadamente 8 metros (largura de um caminhão 793) entre os veículos estacionados para receber carga.

Se considerado o tempo médio de manobra dos caminhões em carregadeira de 58,3 segundos e o tempo médio de todos os passes dentro do ciclo de carregamento previsto de 42 segundos, a diferença entre estes dois tempos (16,3 segundos) é o ganho real obtido a cada carregamento sequencial.

Basculamento

Uma nova prática reduziu de 10 para 5 metros a distância de basculamento da crista e de 10 para 5 metros a altura da bancada de avanço da Pilha de Disposição de Estéril (PDE). Utilizando esta



Janaina Duarte

Carregamento sequencial



Janaina Duarte

Basculamento em banco de lavra de 5m



Janaina Duarte

Trabalho do trator em banco de lavra de 5m

forma de basculamento, cerca de 70% da carga já formam o talude do depósito em ângulo de repouso de aproximadamente 36°, o que diminui o tempo de basculamento dos caminhões e o custo por hora trabalhada do trator de esteira. Com isso, minimiza-se a possibilidade de colisão entre caminhão e trator, além de se reduzir o risco de queda do caminhão devido à falta de referência espacial e de se otimizar o processo operacional do trator de esteira, visando o aumento de produtividade pela diminuição dos tempos de basculo.

Valor de carga aceitável

Reduziu-se o valor máximo de carga aceitável de 274 toneladas para 264 toneladas, respeitando-se a premissa de não influenciar negativamente a carga média da frota de transporte. Durante dois meses, todos os operadores e despachantes foram treinados e

recicladados com base nesta nova diretriz. Houve monitoramentos constantes e intervenções operacionais. A partir de abril de 2016, os ganhos em relação ao tempo fixo começaram a aparecer, como mostra o gráfico 1.

Resultados mais recentes

Nos anos de 2015 e 2016, na comparação com 2014, houve um ganho de cerca de 23.500 horas na movimentação da frota de transporte, obtido com a redução dos tempos fixos, o que representa uma otimização de cerca de 12.700.000 toneladas na movimentação total da mina. Alcançou-se, assim, uma economia de 1,21% no

Faixa de carga média > 264t x tempo fixo Frota transporte CAT 793



Gráfico 1

orçamento realizado em 2015, na comparação com 2014; e, em 2016, esse ganho foi de 2,31%, em relação a 2015 (gráfico 2).

Os resultados apresentados em 2017 mantêm essa trajetória, como demonstra o gráfico 3.

Segundo Rodrigo Lisbôa, os procedimentos estabelecidos com base no estudo "Influência dos tempos fixos na produtividade da frota de transporte" podem ser aplicados em todas as minas, respeitadas suas especificidades locais, como os parâmetros para carregamento, a litologia, a altura de banco de lavra e o tipo de lavra. Ele lembra ainda que "na rotina diária, em que as metas operacionais são cada vez mais

Ganhos em horas (h) e movimentação (ton) Relação 2016 X 2015

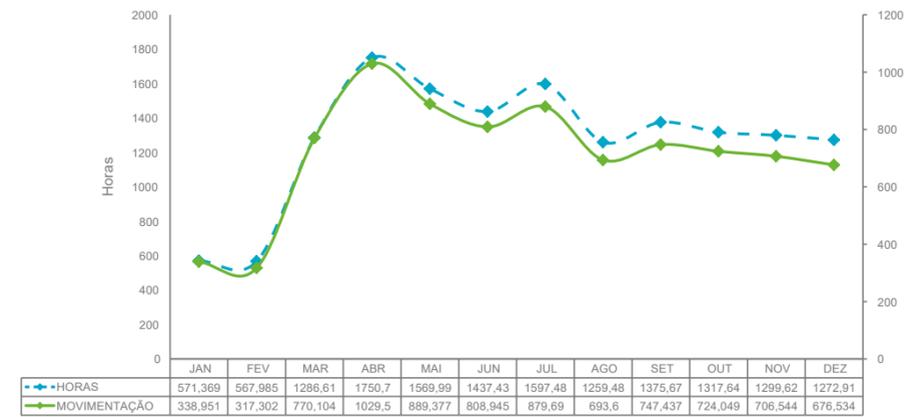


Gráfico 2

desafiadoras, a busca pelo aumento de produtividade e redução de custos de forma segura é prioridade. A mina *in loco* utiliza a observação e ações experimentadas e vividas como forma mais rápida de solucionar os problemas. Porém, os trabalhos desenvolvidos em pós-graduações nas diferentes operações unitárias de lavra de mina permitem um olhar mais amplo na observação das oportunidades, uma análise mais crítica dos fatos que realmente influenciam os problemas e, a partir daí, a realização de ações planejadas e estruturadas utilizando os conceitos e o formato acadêmico. Minha intenção, agora, é desenvolver outro estudo, para o doutorado".

Para ler a dissertação do engenheiro, acesse vale.com/MAIS.

Resultado total com a redução dos tempos fixos

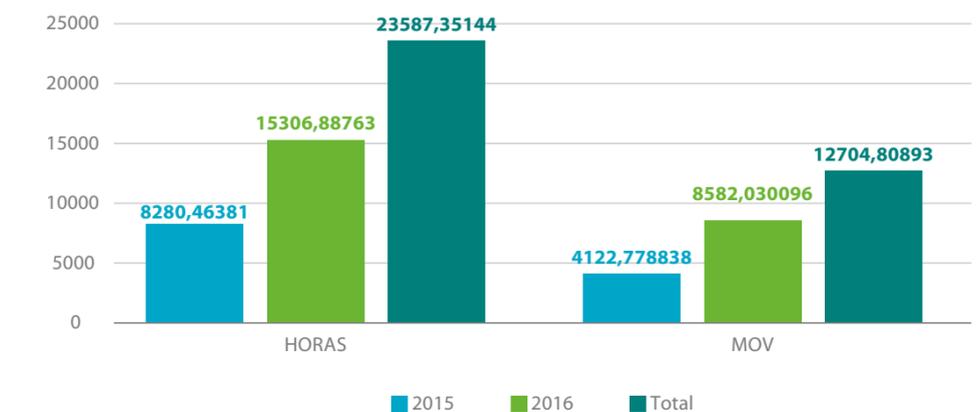


Gráfico 3

Geofísica traz ganhos de produtividade para a operação de desmonte



Vista aérea do mapeamento geológico: medição na estação topográfica e os cabos de eletrorresistividade

As minas brasileiras de ferro são, basicamente, formações bandadas de ferro (BIF) que sofreram alto grau de intemperismo ao longo de milhões de anos. Esse fenômeno gerou profundos perfis de solo e extensos perfis de alteração nas rochas. Em muitos casos, o material compacto foi preservado do processo de intemperismo, resultando na mistura de blocos, solo e rocha intemperizada. Durante décadas, a Vale pôde utilizar principalmente equipamentos mecânicos para extrair o minério, porque o material decomposto era passível de escavação. Porém, ao se alcançar a rocha primária, ocorrência cada vez mais frequente, sobretudo nos Sistemas Sul e Sudeste, o processo precisou mudar, e a perfuração e o desmonte com explosivos tornaram-se imprescindíveis.

Como na natureza não há uma divisão simples entre minérios friáveis e compactos, durante a extração é comum o surgimento de grandes blocos compactos de minério em meio a um material menos denso. Saber, então, onde utilizar explosivos, onde inseri-los e em que quantidades específicas é um desafio que precisa ser vencido, em função dos altos custos envolvidos nesse trabalho e dos potenciais ganhos de produtividade.

Início da pesquisa

Desde 2013, André Vieira, engenheiro máster na Diretoria de Planejamento de Ferrosos, desenvolve, no âmbito do Fragcom, a pesquisa “Nova abordagem para planejamento de desmonte em rochas com alto grau de intemperismo”, em que a geofísica é empregada na busca de soluções que garantam melhores resultados no desmonte, sob orientação dos professores Jair Koppe, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e Marco Antônio Braga, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). André, que está há quase sete anos na Vale, formou-se em Engenharia de Minas pela UFRGS e é doutorando em Tecnologia Mineral pela instituição, além de ter obtido o título de Master of Science pela Universidade Federal do Pará/Petrobras.

A pesquisa foi realizada na Mina de Abóboras (MG), que está inserida no Quadrilátero Ferrífero, porção meridional do Cráton do São Francisco, núcleo cratônico estabilizado no Proterozoico Inferior. Litologicamente, o Quadrilátero Ferrífero caracteriza-se por ser um complexo metamórfico, representado por uma sequência supracrustal de rochas vulcano-sedimentares, composta sobretudo de itabiritos, dolomitos, filitos, quartzitos ferruginosos, xistos e carapaças ferruginosas. O minério de ferro (itabirito) ocorre em uma sequência paleoproterozoica de rochas metamórficas químicas e clásticas. A sequência foi intensamente intemperizada, mostrando um perfil profundo de solo, situação que favorece a formação de grandes blocos de itabiritos compactos e semicompactos misturados com o material friável.

A Mina de Abóboras produz 21 milhões de toneladas por ano de minério de ferro, e o estudo lá desenvolvido já está sendo

implementado também no Complexo S11D Eliezer Batista, em Canaã dos Carajás (PA), onde as características são diferentes, mas há rochas compactas, os jaspelitos.

– No projeto inovador S11D, sem caminhões para transporte do minério, a granulometria gerada pelo processo de perfuração e desmonte é rigorosamente controlada, em função da alta produtividade dos britadores. Por isso, criamos uma metodologia de planejamento do desmonte de rocha compacta, baseada em um modelo geológico 3D integrando dados geofísicos e geológicos – explica o engenheiro.

Desenvolvimento do estudo

Após a seleção de uma área de trabalho, com a caracterização visual do tipo de rocha encontrado em 14 seções que cobriram 15.000 m², foram aplicados quatro métodos geofísicos – eletrorresistividade, sísmico, polarização induzida e GPR (Ground Penetrating Radar) –, para descobrir onde se localizavam grandes blocos compactos e qual a dimensão de cada um.

Eletrorresistividade

A análise das seções geofísicas considerou as diferenças nos perfis com base na magnitude em zonas de alta resistividade aparente (ZAR), cujos valores estão acima de 50.000 ohm m, e em zonas de baixa resistividade aparente (ZBR), cujos valores são inferiores a 2.600 ohm m. Os perfis elétricos possibilitaram a observação em profundidades de 3 a 30 metros. Os dados foram bastante consistentes na diferenciação de anomalias de alta e baixa resistividade. Uma seção típica obtida com este método é mostrada a seguir na figura 1.



Polarização induzida

As análises consideraram as diferenças nos perfis com base na magnitude em zonas aparentes de alta cargabilidade (ZAC), cujos valores estão acima de 60ms (milissegundos), e zonas aparentes de baixa cargabilidade (ZBC), cujos valores são inferiores a 10ms. As seções geofísicas mostraram um comportamento heterogêneo em relação à distribuição de valores de capacidade de carga, como pode ser visto na figura 2.

GPR

As seções realizadas com o método Ground Penetrating Radar, que utiliza radiação eletromagnética na banda de micro-ondas (frequências UHF/VHF) do espectro radioelétrico para detectar os sinais refletidos das estruturas subterrâneas, atingiram uma profundidade de aproximadamente 10 metros. Os sinais refletidos apresentaram

geralmente planos semicontínuos na superfície perto de horizontes, e perfil inclinado e semicontínuo ao lado da base.

Sísmico

No local estudado, foram utilizadas 20 linhas geofísicas por método de refração sísmica pouco profunda e definidos dois horizontes diferentes com base na velocidade sísmica média. O primeiro apresenta velocidade sísmica entre 3.023 m/s e 3.417 m/s. O segundo registra velocidades entre 3.234 m/s e 3.724 m/s. Com o método, não foi possível visualizar a base da camada à medida que a refração ocorre na interface superior, e não foi exibido outro material com maior densidade abaixo da camada.

– Utilizamos quatro métodos para ter eficiência em dois. Ao injetar corrente elétrica, por exemplo, podemos perceber que zonas de alta resistividade, representadas por cores quentes no gráfico do software

que analisa os resultados, indicam corpos compactos. As cores frias, o inverso. O método permite ir até 30 metros abaixo do solo com total confiabilidade. Já com a polarização induzida, sabemos que, quanto mais tempo a energia ficar no maciço, mais compacto deve ser o corpo mineral, também representado por cores quentes. A convergência dos dados gerados indica o melhor procedimento. Se podemos usar explosivos com menor energia, temos economia significativa de custos – diz André.

Integração de dados geofísicos

Os dados geofísicos foram integrados para se obter um modelo geológico, de curto prazo, da bancada a ser desmontada, em 3D (figuras 3 e 4). O modelo geofísico interpretativo, validado usando-se dez furos exploratórios de perfuração, mostrou as áreas em que predomina o itabirito. Apenas um furo de perfuração foi insatisfatório em relação ao modelo de interpretação geofísica.

Mudanças propostas e resultados

O padrão de detonação usual de afastamento x espaçamento na Mina de Abóboras é de 3m x 7m ou 4m x 8m, com banco de lavra de 10 metros de altura e razão de carregamento de explosivos de 150 a 200 g/t. Como nesse design ocorria, na região supergênica, um volume expressivo e indesejável de blocos de grandes dimensões após o desmonte, foi proposto um novo parâmetro para a atividade, baseado no modelo geológico que recebeu como input a informação geofísica da pesquisa. Essencialmente, a mudança foi feita no sentido de posicionar furos da detonação nas áreas onde os grandes blocos de itabirito compacto estavam localizados e diminuir o número de furos em áreas de itabirito friável.

Como resultado, reduziu-se a geração de blocos. Antes, havia 10% de material acima de 133 cm; após a utilização da nova metodologia, há 10% acima de 30 cm. Também se obteve um ganho de no mínimo 12% na produtividade (em toneladas por hora trabalhada), além de se evitar a perda com outras movimentações, que era de 30%.

Caminhamento elétrico

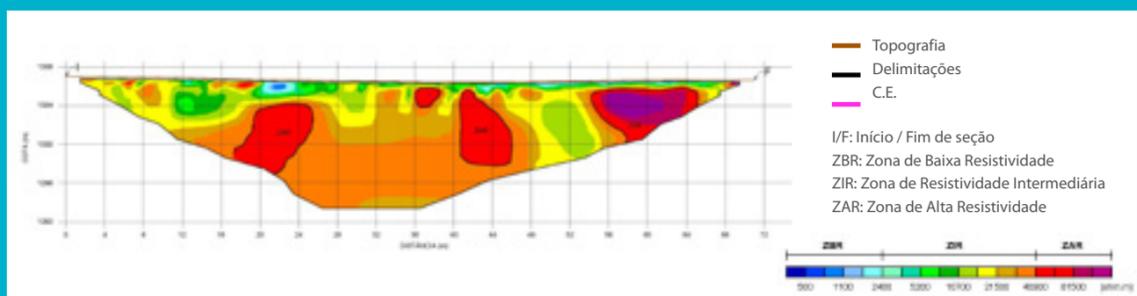


Figura 1

Polarização induzida

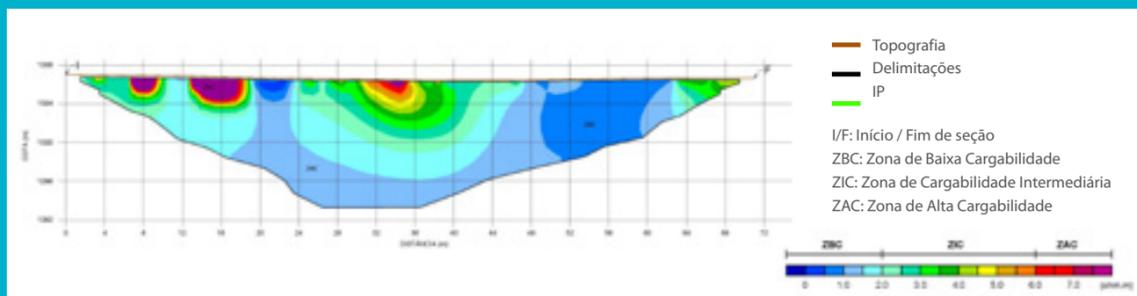


Figura 2

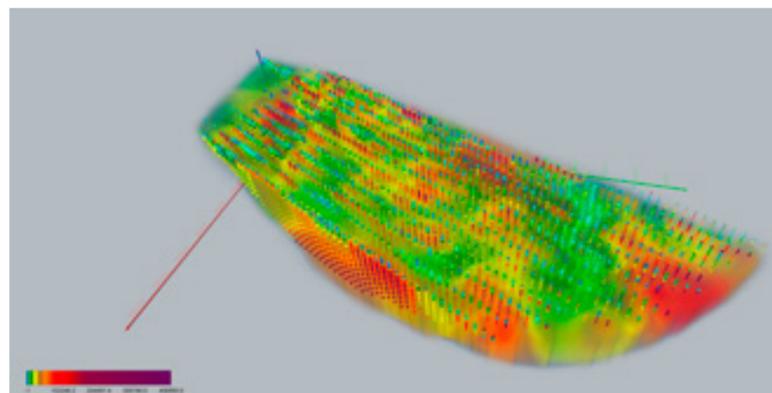


Figura 3

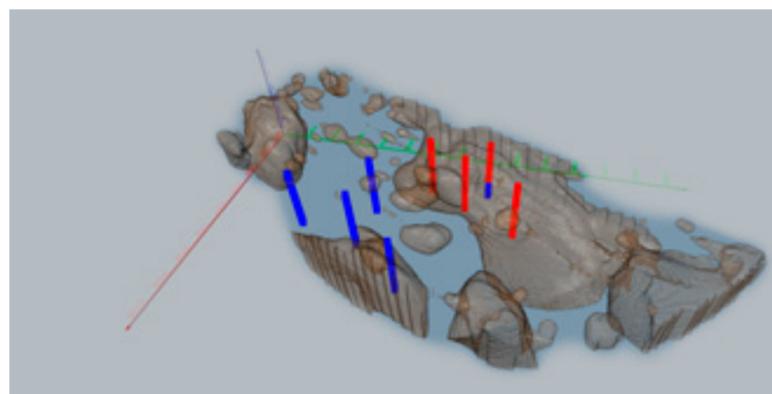
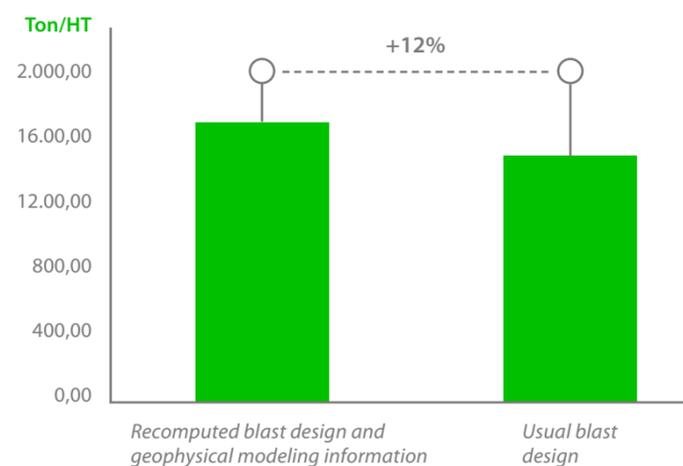


Figura 4

Loader L-1350 productivity



Quando o modelo geológico refinado pelas informações geofísicas é usado para projetar o desmonte, a produtividade da escavadeira aumenta 12% em relação ao projeto de desmonte que considera o modelo geológico original. O resultado granulométrico do desmonte com modelo refinado é mais homogêneo em relação ao outro, como demonstra a foto abaixo.

Em 2016, André Vieira e o professor Jair Koppe apresentaram um artigo baseado na pesquisa, também assinado por Fernanda Pedrosa e José Carlos Ramos dos Santos (ambos engenheiros da Vale), no World Mining Congress (WMC), evento realizado no Rio de Janeiro.

Sobre o resultado do trabalho realizado nessa parceria entre empresa e instituição de ensino, o engenheiro ressalta que “nossa experiência profissional identificou um problema operacional específico das jazidas na Vale, que, portanto, não tinha uma solução óbvia ou já aplicada em qualquer outra operação. Assim, quando buscamos estruturar a solução, a integração com a universidade foi fundamental. A universidade, com seu amplo *background*, nos dá suporte na fundamentação dos conceitos tecnológicos inovadores para situações não antes enfrentadas. O resultado dessa integração foi o desenvolvimento de uma solução acadêmica/industrial considerada inovação de classe mundial. Isto, sem dúvida, nos motiva a continuar com a pesquisa integrada, convergindo para outras pós-graduações”.

Acesse vale.com/MAIS e leia artigos, dissertações de mestrado e outros conteúdos relacionados ao Fragcom. ■

Engaje-se

O Fragcom pesquisa melhorias em todas as etapas do processo de mineração: planejamento de lavra, perfuração, desmonte, carga, transporte, amostragens, britagem e moagem. Você atua em alguma dessas etapas? Pensa em como poderia tornar mais produtiva a operação da mina em que trabalha? Envie um e-mail para MAIS@vale.com e saiba detalhes sobre os estudos realizados pelo Fragcom, com conclusão prevista até 2018.

Glossário

Exploração: Extração de recursos naturais para fins de aproveitamento econômico por meio do seu beneficiamento, transformação e utilização.

Geofísica: Estudo das propriedades físicas da Terra (calor, magnetismo, radioatividade, gravidade, eletricidade, propagação de ondas elásticas etc.) para investigação de seu interior, tanto nas camadas mais superficiais, onde se alojam os recursos minerais, quanto nas porções mais profundas.

Cominuição: Fragmentação, ato de quebrar em pedaços menores.

Malha de perfuração: Disposição geométrica dos furos a serem preenchidos com explosivos, em uma determinada porção do maciço rochoso.

Minérios friáveis: Minérios de fácil fragmentação.

Intemperismo: Conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a esintegração e a decomposição das rochas.

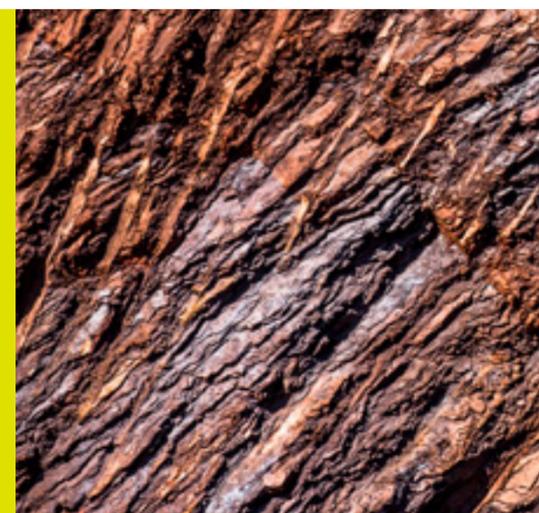
Rochas metamórficas: Rochas que resultam da transformação da rocha original por fatores de alta intensidade, como temperatura, pressão e atuação de fluidos.

Resistividade: Resistência elétrica que uma unidade de volume de material oferece ao fluxo de corrente.

Método de refração sísmica: Método baseado no princípio de gerar uma frente de ondas sísmicas por uma fonte de energia e registrar este sinal por meio de sensores.



André Luiz Vieira



Na imagem, vê-se, à direita, os resultados obtidos com o desmonte convencional e, à esquerda, com a aplicação do modelo geofísico

Mina do futuro terá gestão sistêmica

No edital lançado conjuntamente pela Vale e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) em 2010, um dos projetos aprovados foi o “Min_AO (sigla para *Mining Asset Optimization*): otimização de ativos aplicada à operação de minas a céu aberto”, desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP). Por meio dele, foi possível estudar o processo de planejamento de curto prazo, incluindo o *line-up* (plano diário de atividades de lavra), já bem consolidado na Mina do Sossego, no Pará, e propor mudanças específicas para esta operação, baseadas sobretudo em metodologias de mapeamento dos processos.

Sempre com foco na Mina do Sossego e depois de ter cada uma das etapas do plano diário analisadas, foi possível à equipe da USP recomendar melhorias que permitiram uma visão mais integrada do processo e da interdependência das áreas envolvidas na elaboração do plano, como Manutenção, Geologia (controle da qualidade das frentes a serem lavradas) e Operação. Dessa forma, procurou-se dar mais efetividade ao planejamento, além de se enfatizar a necessidade de automação dos processos, do engajamento das equipes e da integração dos dados já existentes em diferentes sistemas utilizados pela Vale. Por meio do Min_AO, buscaram-se também melhorias na gestão dos recursos humanos, a fim de aperfeiçoar a interface entre coordenadores e supervisores das áreas, por meio de reuniões e *workshops*, que devem se intensificar nas etapas futuras do projeto.

O êxito desse primeiro projeto, concluído em 2013, fez com que a Diretoria de Operações de Metais Básicos Atlântico Sul e a Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação percebessem a oportunidade de dar continuidade ao trabalho e encomendassem à equipe da USP uma nova pesquisa, que foi denominada “Min_AO2: gestão sistêmica do planejamento e operação de lavra na mina do futuro”. Iniciado em 2014, com término previsto para 2019, o estudo busca habilitar a Vale para desenvolver a cultura ou ‘ambiente de gestão sistêmica’ em seu processo de planejamento de lavra, criando uma base técnica capaz de lidar com os desafios da mina do futuro, que envolvem integração

Rotina de execução do plano diário de lavra, por atividades

1 Rodada de mina Visita geral à mina em caráter “macro” antes do alinhamento das turmas	2 Reunião de alinhamento Apresentação do resumo de status das atividades do último turno
3 Rodada focal Visita à mina com caráter “pente fino” para verificação das atividades realizadas no dia anterior e ver as que serão inseridas no dia	4 Reunião com coordenadores Programação dos serviços do dia (obs.: para o line-up, o dia inicia e termina às 15h)
5 Preparação das informações Impressões, atualizações Excel e gravação das informações no sistema	6 Plano diário Entrega do plano diário para os coordenadores colocarem em execução



das informações por meio de sistemas; visão estratégica integrada e incorporada ao processo de gestão da lavra; e intensa comunicação e colaboração entre supervisores e planejadores em tempo real. Além disso, o Min_AO2 conferiu forte ênfase ao desenvolvimento de metodologias que permitam o uso mais inteligente dos dados armazenados nos diversos sistemas, utilizando-se técnicas avançadas de simulação e inteligência artificial.

Automatizar o que era manual

O Min_AO² é coordenado pelo professor Giorgio de Tomi, engenheiro de minas formado pela USP, mestre pela Southern Illinois University e doutor pelo Imperial College, da University of London. Ele atua no projeto ao lado de outros cinco pesquisadores da USP e dez empregados da Vale que têm diversos níveis de interação com a iniciativa.

– No Minão 2, como chamamos carinhosamente o projeto, elaboramos um plano de desenvolvimento para automatizar procedimentos que antes eram feitos manualmente e, às vezes, intuitivamente. A gente está usando apoio computacional para direcionar essa tomada de decisão, com um forte componente voltado à cultura: precisamos que as pessoas percebam os benefícios que isso

trará para o processo e para elas próprias. E a participação dos empregados no projeto é fundamental nesse sentido – enfatiza Giorgio.

O quadro abaixo mostra melhorias já alcançadas.

Equipe engajada

O engenheiro sênior Sandro Freitas, da Diretoria de Operações de Metais Básicos Atlântico Sul, iniciou seu mestrado na USP durante o Min_AO e apresentou a dissertação sobre “Planejamento estocástico para a mina do futuro” em 2015. Pela sua familiaridade com o tema, foi escolhido como ponto focal desde a primeira etapa do projeto.

“Uma das minhas preocupações é associar as necessidades da empresa à pesquisa. Nesse processo, não é preciso que o projeto esteja concluído para obtermos resultados. Durante a realização do Min_AO², adquirimos um software de inteligência artificial (redes neurais), simulação e otimização estocástica (otimização sob incerteza) para fazer a análise de risco da disponibilidade de caminhões. Temos ainda um novo



Pesquisa de soluções aliada a mestrado profissional

sequenciador de lavra, para um procedimento que antes era realizado de forma manual. A ideia é nos familiarizarmos e testarmos essas ferramentas para posteriormente integrarmos estes algoritmos ao sistema que a Vale está implantando este ano”, conta Sandro.

Também engajado na pesquisa, o engenheiro Allysson Sales, especialista técnico da Diretoria de Operações de Metais Básicos Atlântico Sul, cursa desde 2016 seu mestrado na USP. Ele lembra que a relação com a universidade vem de longa data. “Conseguimos contornar a questão da distância: muitas aulas são feitas por videoconferência e temos todo o apoio da empresa para viajar a São Paulo quando necessário. A equipe da USP é ótima, crescemos profissionalmente e trazemos conhecimento para a operação. Em meu trabalho, a ideia é chegar a uma equação por meio da qual seja possível associar a razão de carga do desmonte à taxa de moinho SAG. Na medida em que eu aplicar determinada razão de carga, com uma característica específica de rocha, saberei qual será a minha resposta na taxa de moinho”, explica.

Processo	Tradicional	Inovação/melhoria
Planejamento de lavra	O planejamento de lavra atuava de forma reativa, de acordo com os resultados de aderência dos planos de lavra, avaliando-se o alcance ou não dos resultados projetados	São usados modelos de simulação para antecipar possíveis problemas no alcance de indicadores e ação mais proativa no planejamento de longo prazo
Previsão de indicadores de manutenção em planos de longo prazo	Previsão baseada apenas no histórico de manutenção e nos planos de manutenção preventiva	Os planos de manutenção dos equipamentos são validados com modelos de simulação estocástica (que considera e quantifica a incerteza associada às variáveis), usando modelos de previsão por séries temporais que possibilitam análise de risco do não alcance de metas no futuro
Otimização dos processos	Subutilização dos dados do despacho (responsável pelo transporte das cargas), limitando-se à avaliação de históricos dos indicadores para definição de metas dos planos de lavra	Uso estruturado dos dados do despacho e análises com métodos probabilísticos e de quantificação de risco, alimentando modelos de otimização estocástica, tanto do sequenciamento de lavra, quanto de uso dos equipamentos

Ana Carla Campelo, engenheira de Planejamento de Longo Prazo da mesma diretoria, começou seu mestrado em 2016, direcionando o estudo para a integração entre o sistema de despacho (responsável pelo transporte das cargas) e a programação diária. “Antes de ir para a área de Planejamento, atuei no despacho e, nessa trajetória, percebi que havia muito a simplificar na definição do que produzir de um dia para o outro, usando informações do banco de dados. Meu trabalho será definir indicadores e a maneira de tratá-los. Estou bastante motivada a fazer um doutorado depois. É importante ressaltar que também levamos muitas contribuições para a universidade, já que lá eles dispõem de teoria mas têm pouca oportunidade de conhecer, como nós, o dia a dia da operação”, opina. Em outubro, Ana Carla apresentou no ABM Week 2017, evento anual promovido pela Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, o trabalho “Utilização de dados do sistema de despacho para estimativa de produtividade de transporte no plano de lavra de curto prazo”.

– O Min_AO foi o primeiro projeto em que nós, da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, propusemos a participação de um empregado da Vale como aluno de mestrado, o que acabou se tornando uma boa prática da área operacional envolvida no projeto e sendo decisivo para a criação do Min_AO². Esse papel de qualificação dos recursos humanos, em articulação com as áreas operacionais e a universidade, é fundamental para o processo de transferência de conhecimentos e resultados dos projetos de Inovação – avalia Edgar Sepúlveda, analista de Desenvolvimento Tecnológico.

Em direção à mina inteligente

Os temas abordados pelo Min_AO² demonstram a sua abrangência. A figura 1 mostra as fases sequenciais do projeto em direção à chamada “mina inteligente”.

O objetivo é alcançar o estágio de gestão integrada e, em seguida, partir para o estágio de automação e controle *on-line* dos processos, antes de alcançar o ambiente completo de gestão sistêmica esperado. Nessa caminhada, após a estruturação da equipe e do plano de trabalho do projeto em 2015, foram executadas no ano seguinte as etapas de elaboração de requisitos funcionais e técnicos; e de definição do desenho da solução específica para demandas da Mina do Sossego. Nos próximos dois anos, será dada ênfase às etapas de treinamento e capacitação da equipe da Mina do Sossego, preliminarmente, no ambiente de gestão sistêmica para planejamento e operação de lavra.

Conceito de gestão sistêmica

Em um dos *workshops* organizados em 2016 para divulgar detalhes do projeto às equipes da Mina do Sossego e debater com mais de 40 empregados da Vale questões relativas às etapas programadas, o professor Giorgio de Tomi explicou o conceito de gestão sistêmica. “A integração de diferentes áreas de conhecimento é necessária para uma efetiva interpretação de problemas. O conjunto de ações unitárias de cada elemento gera uma cadeia de entrada, processo e saída que viabiliza o alcance do objetivo por parte do sistema do qual os elementos fazem parte. A sinergia deve acontecer de maneira que a totalidade do sistema tenha maior valor do que a soma de seus elementos separados”, comentou.

No mesmo *workshop*, foram apresentadas esquematicamente as inter-relações que existem entre os diversos processos envolvidos no planejamento e operação de lavra (figura 3).

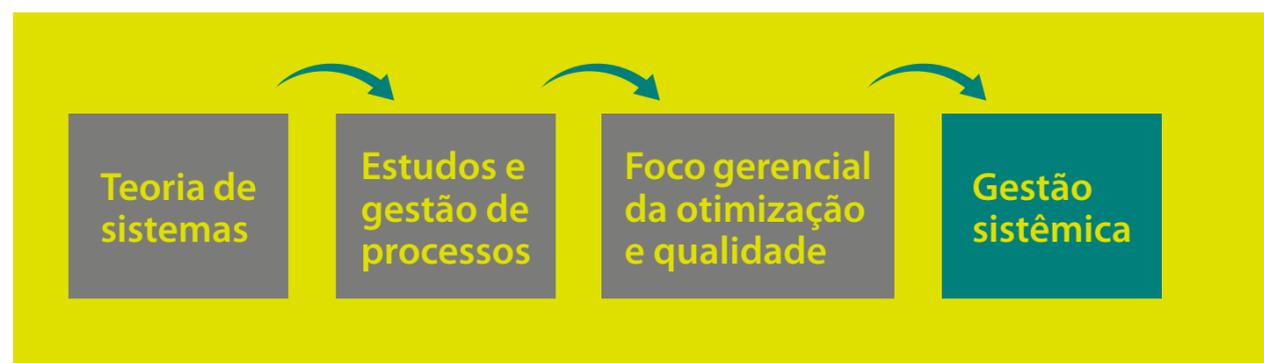


Figura 2: Evolução da abordagem sistêmica nas organizações



Figura 1: Fases de implementação do Min_AO²

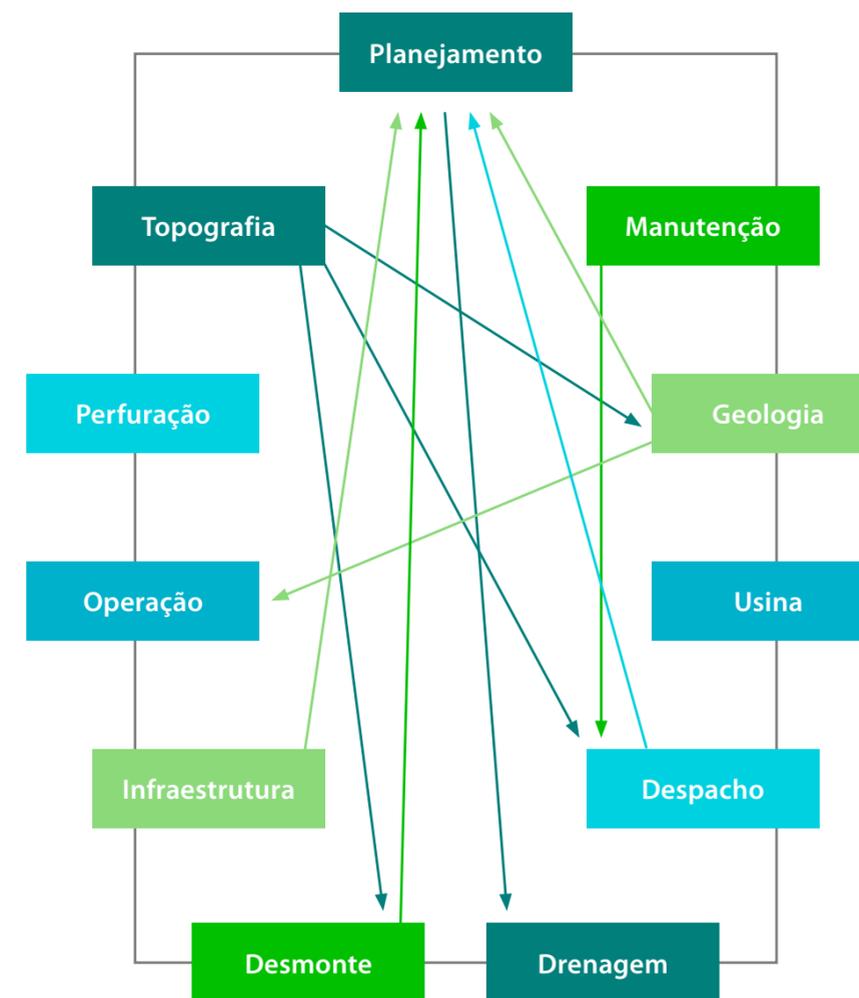


Figura 3

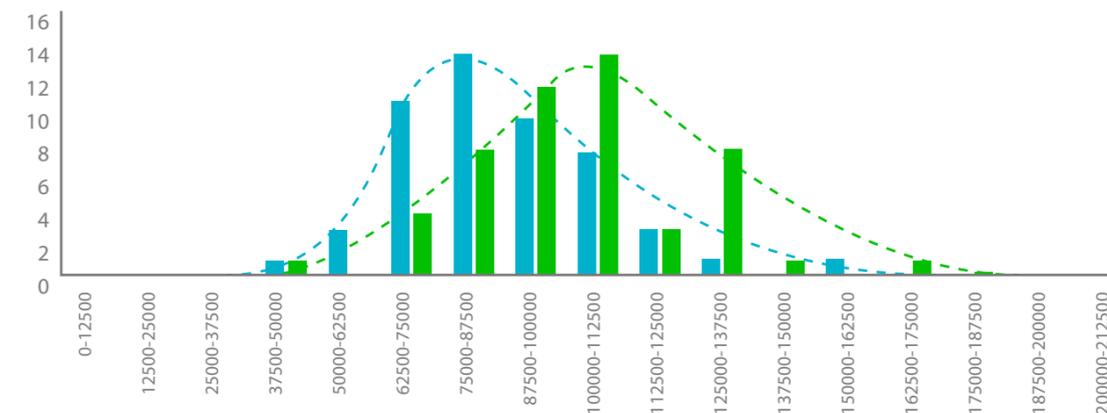
Produção técnico-científica

O projeto e seus produtos, voltados à incorporação da Visão Sistêmica na mineração, vêm ao longo dos anos sendo reconhecidos tanto no meio acadêmico, quanto internamente na Vale. Em 2016, o engenheiro Sandro Freitas, após conclusão de seu mestrado, foi convidado a ministrar uma disciplina no curso de especialização de Lavra de Minas a Céu Aberto, promovido pelo ITV, em Ouro Preto. Na ocasião, muitos dos conceitos elaborados ao longo do projeto, orientados ao planejamento de lavra, foram transmitidos a futuros especialistas da Vale que atuam em diversas operações no Brasil.

Em 2016, o artigo "Simulation-based risk quantification: a reconciliation-based performance analysis" foi publicado na revista científica "Mining Technology (Transactions of the Institutions of

Mining and Metallurgy: Section A)". O artigo aborda uma metodologia, baseada em simulação estocástica, aplicada na Mina do Sossego para análise de riscos associados aos teores dos minérios que alimentam a usina de beneficiamento, quantificando os respectivos impactos no planejamento de lavra e definindo ações mitigadoras para cada cenário.

Entre as muitas informações incorporadas, estão os resultados de um estudo apresentado no World Mining Congress de 2016, no Rio de Janeiro, que analisava a produtividade de cada equipamento por dia da semana e turno. O artigo "The challenges of the management of the surface mining equipment" (em português, "Os desafios da gestão de equipamentos da mineração de superfície"),



Influência sistêmica na produção de D0 (verde) e D+2 (azul)

Mina do Sossego, no Pará: frente de estudo para implantação de tecnologias inteligentes na lavra

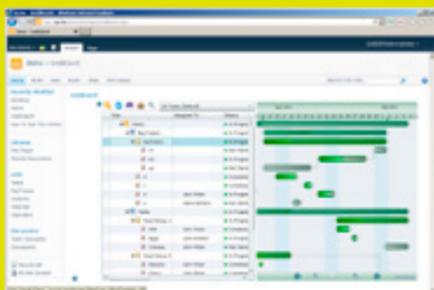


Tecnologia mobile

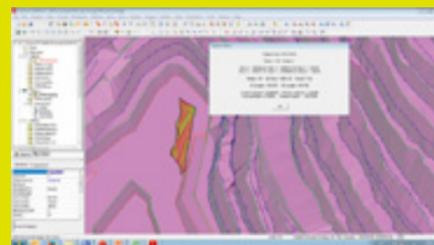


Novas atividades (status equipamentos)
Aderência
Gravar orientações

Sistema de planejamento



GEMS - Polígonos



Modular - Despacho



DF, UF produtividade.
Coordenadas dos equipamentos

Banco de dados integrado

Figura 4: Potencialidades de automação e integração de sistemas na mina

assinado por Giorgio de Tomi, Tatiane Marin, Dennis Cremonese e Rafael Barroso, todos pesquisadores da USP, utilizava dados demonstrados em diversas tabelas e gráficos para concluir que, por meio de diferentes ações de gestão simultâneas e de implementação relativamente simples, é possível aumentar a segurança e melhorar o processo de mineração, atingindo ganhos de produtividade acima de 20%. Na página anterior, um dos gráficos apresentados no evento mostra a distribuição do ROM (minério lavrado na mina) em dois dias diferentes da semana.

Inúmeras possibilidades da automação

Futuramente, com o desenvolvimento do processo de automação segundo o conceito de gestão sistêmica, será possível adotar medidas como o uso de um tablet para fotografar a área onde a atividade de lavra acontecerá. A partir da imagem registrada, o profissional responsável desenhará o polígono a lavrar no próprio campo, e a interligação com o banco de dados de planejamento de lavra acontecerá por tecnologia *mobile*.

Este é um dos exemplos de atividades que são feitas manualmente e serão automatizadas, para que haja ganhos de agilidade e eficiência. Hoje, considerando a experiência na Mina do Sossego, o processo ocorre de forma muito mais lenta: o profissional faz a foto no local a lavrar, vai para o escritório, salva a imagem em um drive e a copia em uma apresentação em PowerPoint, em cima da qual a orientação é feita.

A ideia, a exemplo do que vem acontecendo em diversas operações pelo mundo, é integrar todos os sistemas utilizados atualmente aos que virão a ser incorporados (figura 4), de modo a ganhar tempo e qualidade no planejamento direcionado à tomada de decisões, sem que haja, por exemplo, a necessidade de preencher planilhas, como as que são feitas para definir a programação diária das áreas de drenagem, perfuração, operação, infraestrutura e topografia.

– No futuro próximo, quando eu desenhar o polígono no GEMS, que é o nosso sistema computacional de planejamento de mina, o histórico de atividades armazenado no banco de dados de planejamento diário será acessado e eu terei, com base em experiências anteriores, uma previsão automática de quanto tempo levará aquela atividade, em função da área e do volume estimados. Da mesma forma, o banco de dados do sistema de despacho, onde consta a produtividade dos equipamentos de transporte, será insumo para fazer previsões. Nosso foco no projeto é propiciar um ambiente receptivo para essas inovações, preparando as pessoas e garantindo maior efetividade – garante Sandro.

“O banco de dados será alimentado ao longo dos dias, meses e anos com todas essas informações, tornando-se cada vez mais robusto. Quando soubermos que para a situação X deveremos tomar a decisão Y, poderemos aprender com o banco de dados e usar inteligência artificial para melhorar o desempenho dessa ferramenta de decisão”, complementa o professor Giorgio, antecipando o que virá.

Integração e nova cultura

Os principais resultados até o momento são a integração efetiva das informações para apoiar a tomada de decisões operacionais na mina, além da capacitação da equipe para trabalhar em ambiente automatizado. “Também é importante destacar que a implantação dessa primeira versão da solução, desenvolvida pela Vale, está abrindo caminho para sua futura evolução para um ambiente de tomada de decisão com abordagem probabilística, utilizando modelos matemáticos de otimização e inteligência artificial”, afirma Giorgio de Tomi.

Tatiane Marin, pesquisadora da USP que acompanha o projeto desde o Min_AO, é pós-doutoranda e orienta alunos de mestrado no Min_AO², ressalta que “a mina do futuro vai mudar o perfil dos empregos. Precisaremos de profissionais com novas competências. Por isso é tão importante preparar as equipes, mostrar as chances de crescimento que se apresentarão, dar ênfase à mudança de cultura e trabalhar a ideia de inovação, atividades que estamos realizando este ano, em conjunto com o acompanhamento da implantação da ferramenta desenvolvida pela Vale. Em 2018, avaliaremos os resultados”.

Acesse vale.com/MAIS e leia artigos, dissertações de mestrado e outros conteúdos relacionados ao Min_AO e Min_AO². ■

Engaje-se

A gestão sistêmica é um conceito que faz parte de sua atividade? Os sistemas operacionais da área em que você trabalha estão integrados? Os bancos de dados são alimentados com informações que podem ajudá-lo a tomar decisões? Fale com a equipe Vale pelo e-mail MAIS@vale.com e saiba mais sobre o projeto Min_AO² e tudo o que ele traz de possibilidades. O projeto estará concluído em 2019.

Glossário

Simulação estocástica: Técnica de simulação aplicada para representar o comportamento de sistemas complexos utilizando a sua aleatoriedade para gerar cenários alternativos e equiprováveis das possíveis saídas desses sistemas.

Sequenciamento de lavra: Atividade do ciclo de planejamento de lavra que determina a ordem de extração do minério ao longo da vida útil da mina, levando em conta as restrições operacionais, econômicas, ambientais e geológicas do depósito.

Sistema de despacho: Sistema de gerenciamento e controle de todos os equipamentos envolvidos nas operações unitárias de lavra, incluindo preparação de frentes e acessos; perfuração e desmonte; produção de minério e estéril; apoio operacional; e infraestrutura da mina.

Inteligência artificial: Área de conhecimento das Ciências da Computação que consiste na representação da inteligência humana utilizando computadores. Aplicada especialmente a sistemas complexos cujas saídas são difíceis de interpretar e analisar.

Abordagem determinística: Método de modelagem em que o comportamento do sistema é pré-estabelecido e os resultados dependem dos dados de entrada do modelo.

Abordagem estocástica: Método de modelagem em que os resultados não dependem somente dos dados de entrada, mas também de outros fatores e variáveis, que são especificados por meio de funções probabilísticas.

Modelos matemáticos de otimização: Categoria de modelo matemático que busca a otimização de uma função-objetivo, seja maximizando, seja minimizando, sem violar as restrições do sistema representado.

ROM: Sigla para Run of Mine, refere-se à totalidade do minério lavrado na mina em determinado período, tendo como destino a usina de beneficiamento ou as pilhas temporárias de estocagem.

Biotecnologia agiliza soluções ambientais em campo

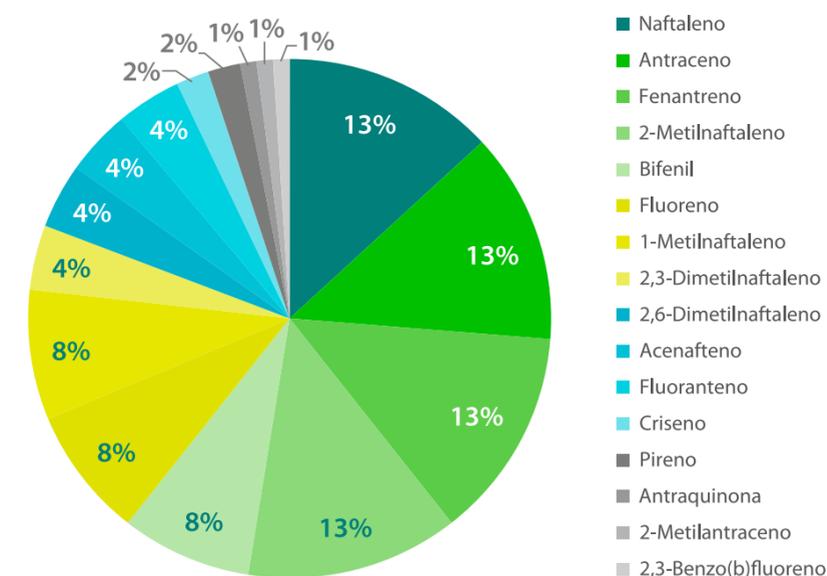


Utilizado em ferrovias para aumentar a durabilidade dos dormentes de madeira, o creosoto mineral é um composto quimicamente complexo, formado em média por 85% de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), 10% de compostos fenólicos e 5% de compostos heterocíclicos de nitrogênio, enxofre e oxigênio.

No passado, quando não havia nem o amplo conhecimento que se tem atualmente sobre as consequências do uso do creosoto, nem legislação ambiental sobre o tema, a Vale empregava o composto na Unidade de Tratamento de Dormentes (UTD) localizada em João Neiva, no Espírito Santo. Hoje, a empresa importa os dormentes já tratados com a substância, o que impede que haja impactos ao meio ambiente, além de realizar o controle ambiental e remediação da área onde o creosoto era antes empregado.

Em 2015, para complementar o trabalho feito pela empresa em João Neiva, iniciou-se o projeto "Pesquisas e tecnologias para biorremediação de áreas da Vale contaminadas com creosoto", levado à frente por uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com apoio das Gerências Executivas de Meio Ambiente e de Tecnologia e Inovação da mineradora.

Proporção de HPAs predominantes na composição do creosoto



HPA	Estrutura	HPA	Estrutura
Naftaleno		Acenaftileno	
Acenafteno		Fluoreno	
Antraceno		Fenantreno	
Fluoranteno		Pireno	
Criseno		Benzo (a) antraceno	
Benzo (b) Fluoranteno		Benzo (k) fluoranteno	
Benzo (a) pireno		Dibenzo (a,h) antraceno	
Benzo (g,h,i) perileno		Indeno (1,2,3-cd) pireno	

O creosoto contém a maioria dos HPAs incluídos na lista de poluentes orgânicos considerados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA – Environment Protection Agency) como prioritários em programas de monitoramento. Quanto mais anéis aromáticos tem o composto, maior é seu potencial mutagênico e/ou carcinogênico e mais difícil é sua degradação.

Aplicação em área controlada

Guilherme Alves, analista ambiental da Gerência Executiva de Meio Ambiente que dá suporte ao projeto, assegura que “a contaminação está restrita a uma área controlada, onde não há circulação de pessoas e, portanto, riscos à população local. Apresentamos o caso de João Neiva ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e demais órgãos ambientais para desenvolver o projeto de remediação. Durante o processo, percebeu-se a oportunidade de trabalhar com biotecnologia para otimizar o trabalho de remediação do solo e da água subterrânea de aquífero que vem sendo executado no local”.

A pesquisa é liderada pela professora Vera Lúcia dos Santos, do Departamento de Microbiologia da UFMG. Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado em Microbiologia Agrícola e doutorado em Genética e Melhoramento pela mesma instituição, a professora fez seu pós-doutorado nas áreas de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia Ambiental pela UFMG.

Vera Lúcia já havia realizado um estudo anterior em parceria com a Vale, contemplado no edital lançado em conjunto pela empresa e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), em 2010. Esse primeiro trabalho, que gerou uma patente e tinha como foco a remoção de metais de soluções e uso de micro-organismos para degradar hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, foi a base para o convite da empresa à equipe da UFMG, formada por nove pesquisadores.

Uma substância desafiadora

– O creosoto é formado por compostos extremamente recalcitrantes, de difícil degradação por seres vivos, algo que leva muito tempo para acontecer em condições normais. A Vale já havia contratado uma empresa para remediar a área com métodos físicos e químicos, usando inclusive equipamentos de forma pioneira para cortar e descartar adequadamente cilindros de solo contaminado, bombear o creosoto e mapear o nível de contaminação do local. Nós buscamos atuar de maneira complementar com a biorremediação, uma técnica que se

baseia na utilização de agentes biológicos ou seus produtos, como as enzimas, para a remoção de componentes tóxicos, seja por meio de adsorção, inativação ou mineralização – explica a professora.

Os micro-organismos são bastante utilizados para essa tarefa porque possuem uma grande diversidade metabólica. As bactérias, por exemplo, conseguem produzir energia por meio da oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos, incluindo aqueles que existem na natureza, como celulose, amido e lipídeos, e moléculas não naturais, chamadas de xenobióticas. Os micro-organismos também são versáteis do ponto de vista fisiológico, pois crescem em ambientes com pH básico, neutro ou ácido, temperaturas altas e baixas, na presença ou ausência de oxigênio, dentre outras condições variadas.

Microbiota autóctone

Para a realização de um estudo com esse perfil, é importante primeiro avaliar se existe na área contaminada uma microbiota autóctone (do próprio local) capaz de degradar os compostos. Quando há, busca-se estimular o crescimento dos micro-organismos, adicionando oxigênio e nutrientes como fósforo e nitrogênio, entre outras medidas. Uma vez que as moléculas aromáticas dos compostos não são solúveis em água e os micro-organismos precisam disso para degradá-las, também faz parte do processo adicionar surfactantes, de origem sintética ou biológica, que são substâncias que permitem a mistura desses compostos com a água.

Quando a área não dispõe dos micro-organismos necessários para a degradação dos contaminantes, adicionam-se inoculantes – um volume expressivo de bactérias com essa capacidade. O Ibama regula e é responsável pela autorização do uso de inoculantes, comuns na remediação de lagoas eutrofizadas e solos contaminados. “É muito difícil que não existam nas áreas afetadas os micro-organismos de que precisamos, já que eles são bastante ubíquos no ambiente. No caso da Vale, se houver necessidade, serão inoculados micro-organismos isolados na área, validados em escala laboratorial e em campo e registrados no Ibama. Uma vez referendados como produtos, poderão ser aproveitados em outras áreas”, afirma Vera Lúcia.



Empresa e universidade
unem esforços na pesquisa
de solução ambiental

Guilherme Alves, da Vale, e a professora Vera Lúcia dos Santos, da UFMG



PP-20	Poços com contaminação mais elevada pelos compostos de interesse: Acenafteno (acima de 80,0 µg/L), Antraceno (acima de 7,5 µg/L), Dibenzofurano (>111,0 µg/L), Fluoreno (acima de 71,0 µg/L), Naftaleno (acima de 1500 µg/L).
PP-206	
PM-211	
PP-29	Poços com contaminação intermediária/ baixa pelos compostos de interesse:
PP-223	Acenafteno (0 a 80 µg/L), Antraceno (0 a 12,5 µg/L), Dibenzofurano (0,58 a 74,0 µg/L), Fluoreno (0 a 95,5 µg/L), Naftaleno (0 a 2500 µg/L).
PP-219	
PM-223	Poços sem contaminação pelos compostos de interesse.
PP-203	

Os poços e amostras de sedimentos foram agrupados em relação às concentrações dos contaminantes encontrados em cada uma das amostras.

Com base nessas premissas, fez-se a avaliação da diversidade microbiana, identificando as espécies e a densidade dos micro-organismos presentes na área para responder as perguntas: Quem está aonde e em que quantidade? Qual o potencial catabólico dessa microbiota autóctone?

Etapas do estudo

O estudo começou com a coleta de amostras de sedimento a partir de diferentes pontos de uma lagoa localizada na área afetada e de amostras (sólidas e líquidas) em poços de monitoramento de aquíferos instalados pela empresa responsável por sua remediação. Com base no critério para a escolha dos poços – a concentração média de diferentes compostos voláteis e semivoláteis (COV e COSV) –, definiram-se três grupos de poços em função da concentração de 31 contaminantes:

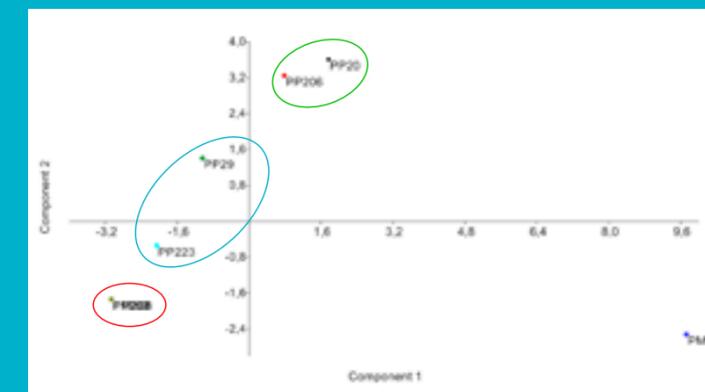
três poços com contaminações altas pela maioria dos compostos de interesse; dois poços com concentrações intermediárias; e três poços sem contaminação.

Extração de DNA e determinação da riqueza de espécies bacterianas

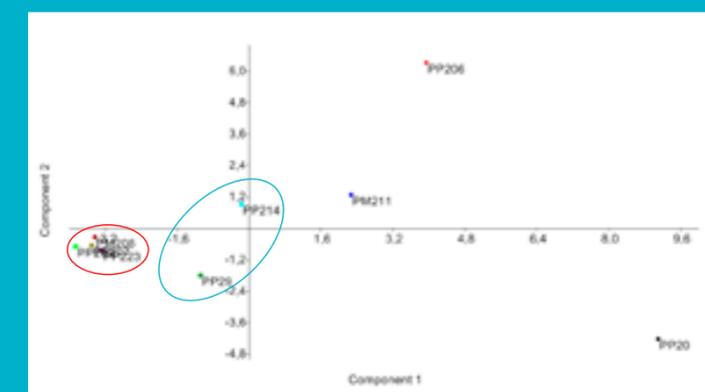
Durante o trabalho, fez-se a extração do DNA metagenômico das amostras e, a partir delas, foi realizada a reação em cadeia da polimerase (PCR) para amplificar as regiões V3 e V4 do gene da subunidade 16S do rRNA das bactérias, seguido de sequenciamento usando a plataforma Illumina. Este método permite a identificação das bactérias cultivadas e não cultiváveis presentes na área de estudo. E, ainda, baseada no número de sequências obtidas e programas de bioinformática, a predição da abundância relativa de bactérias por filo, classe, família e gênero. As análises possibilitaram concluir que a presença dos contaminantes alterou o perfil da comunidade bacteriana da área, promovendo o enriquecimento de diversos grupos de bactérias degradadoras de HPAs, predominantemente nas amostras com altos níveis dos contaminantes.

Em uma das etapas do estudo, determinou-se a densidade de bactérias heterotróficas totais (BHTs) e degradadoras de HPAs, fenóis e creosoto usando a técnica do número mais provável (NMP) em microplaca de 96 poços. No caso das BHTs, o cultivo foi feito usando o meio R2A. Para quantificar as bactérias degradadoras, usou-se o meio Bushnell-Haas e adição de HPAs (naftaleno, antraceno), fenol e creosoto. No geral, a densidade de BHTs diminuiu com o nível de contaminação das amostras, enquanto a densidade das bactérias degradadoras de naftaleno, antraceno e creosoto aumentou.

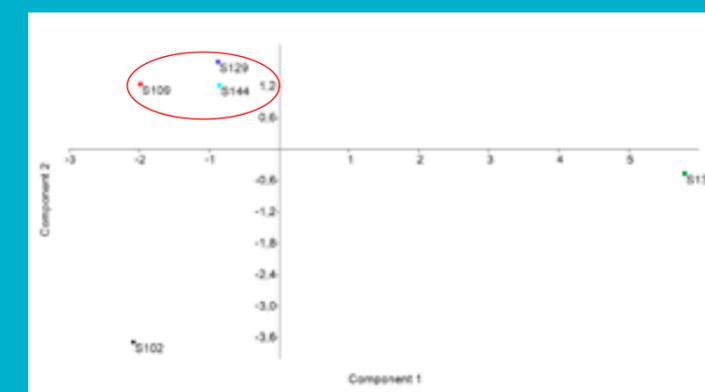
Foi medida também a densidade de bactérias e arqueas (seres procariotos semelhantes às bactérias, mas com diferenças estruturais, genéticas e bioquímicas) presentes nas amostras pelo método qPCR, por meio do qual o resultado é visualizado em tempo real durante a amplificação da sequência de interesse. Com a análise, concluiu-se que a densidade de bactérias nas amostras mais contaminadas do aquífero foi menor em relação às com menores níveis de contaminação,



Fração líquida (aquífero)



Fração sólida aquífero



Sedimento

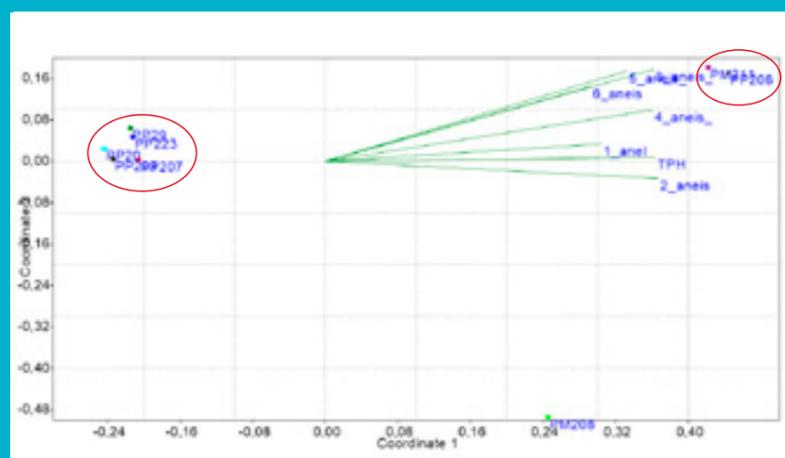
As amostras do aquífero e sedimentos puderam ser agrupadas em diferentes "clusters" que se correlacionaram, de modo geral, com os níveis dos contaminantes, por meio da análise multivariada de componentes principais (ACP), utilizando-se o software Past.

enquanto, para as amostras do sedimento da lagoa, não se observou variação da densidade em função dos diferentes níveis de contaminação. Além disso, as bactérias se mostraram dominantes em relação às arqueas em todas as amostras.

Isolamento, enriquecimento e perfil das comunidades

Em bancada, realizou-se o isolamento das bactérias degradadoras, a partir de amostras que passaram por processo de agitação durante sete dias, a 28° C, tendo sido enriquecidas com fenol e creosoto como fontes de carbono. Após essa etapa, obteve-se o perfil das comunidades de bactérias presentes em sedimentos e na água por meio de PCR-DGGE – técnica de eletroforese em gel com gradiente desnaturante que possibilita a separação dos produtos de PCR (segmentos de DNA amplificados) de acordo com suas sequências de nucleotídeos.

As análises permitiram confirmar que a contaminação com o creosoto alterou a microbiota local. Nos poços onde havia maior concentração de HPAs, a comunidade microbiana era diferente na comparação com aqueles onde a concentração era pequena ou não havia contaminantes.



Análise de nMDS realizada a partir do perfil de bandas das amostras da fração líquida do aquífero no DGGE em função dos metadados, utilizando o coeficiente de Jaccard.



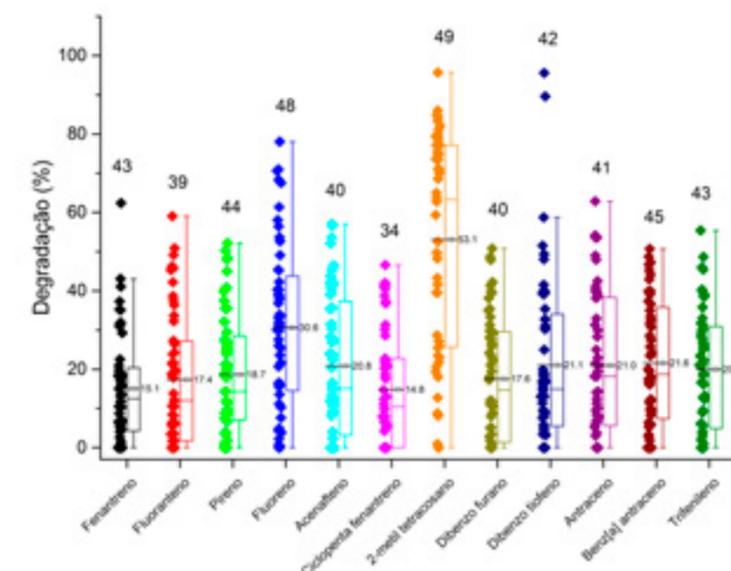
Marcos Borba, da Gerência Executiva de Meio Ambiente da Vale

Banco de isolados

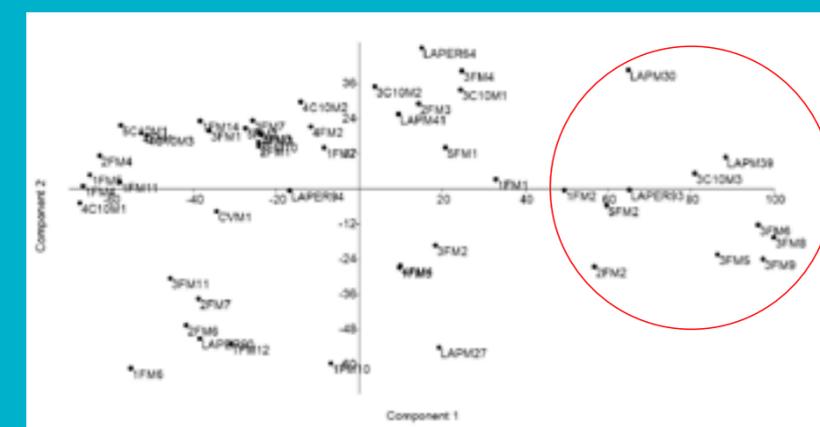
Com base na técnica de enriquecimento, chegou-se a um banco de 212 bactérias potencialmente degradadoras de HPAs, fenóis e creosoto e/ou produtoras de compostos tensoativos. As bactérias pertencem a 27 generos: *Achromobacter*, *Brevundimonas*, *Leucobacter*, *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Sphingobacterium*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Burkholderia*, *Citrobacter*, *Comamonas*, *Delftia*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Kosakonia*, *Nubsella*, *Pseudochrobactrum*, *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Stenotrophomonas*, *Acidovorax*, *Pandoraea*, *Diaphorobacter* e *Ralstonia*.

Conclusões

A professora Vera Lúcia afirma que, após a finalização de todas essas fases, “descobriram-se gêneros de bactérias capazes de degradar quase todos os compostos de creosoto e outros capazes de degradar HPAs específicos. Os melhores são agora nossos focos de estudo. Na parte final dos experimentos, realizada com um respirômetro adquirido com recursos do projeto, inoculamos os micro-organismos nas amostras



Porcentagem média de degradação dos 12 compostos presentes em maior concentração no creosoto, independentemente do isolado, e número de isolados que conseguiram degradar o composto.



Os isolados que apresentaram os melhores resultados de degradação dos 12 compostos avaliados e com maior potencial de uso para a biorremediação de ambientes contaminados com HPA estão circunscritos em vermelho.

enviadas pela Vale e adicionamos nitrogênio e fósforo para avaliar como as bactérias se comportam numa matriz próxima da realidade de João Neiva. Assim, será possível selecionar as bactérias com maior taxa de degradação dos contaminantes. Depois, o processo será feito no próprio local. Outro ganho desse estudo será criar protocolos de bioaumentação e bioestimulação em laboratório, capazes de reduzir o custo e o tempo de remediação”.

O analista ambiental Guilherme Alves complementa informando que haverá um projeto piloto, em conjunto com a empresa responsável pela descontaminação da área, para levar o resultado dos estudos para campo. E Marcos Borba, gestor de passivos ambientais da Gerência Executiva de Meio Ambiente da Vale, ressalta que “a parceria com os pesquisadores tem sido muito interessante. Fizemos um *workshop* envolvendo Vale e UFMG e temos realizado reuniões técnicas a cada três meses, proporcionando a troca de experiências e uma capacitação técnica maior de nossa equipe. A universidade foi a campo, nós fomos à universidade”.

– Não temos disciplinas que preparem para a vida corporativa. Esse tipo de pesquisa facilita e contribui para a formação de nossos alunos, além de ser uma oportunidade de dar conta de um de nossos desafios: transformar pesquisa básica em produtos e processos úteis e aplicáveis. Do ponto de vista da biotecnologia, a execução deste projeto em parceria com uma empresa do porte da Vale é importante, pois são raros os casos concretos de biorremediação levados à frente por empresas e com monitoramento sistematizado. Ser pioneira, de alguma forma, é gratificante – pontua Vera Lúcia.

“A interação entre a Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, os pesquisadores e a área de Meio Ambiente permitiu que do primeiro projeto, via edital, chegássemos ao segundo, de aplicação mais prática. Agora, com equipamentos laboratoriais já adquiridos, essa experiência compartilhada pode ser levada a outros locais, como a região Norte, numa terceira fase. A gestão da inovação propicia isso”, destaca Edgar Sepúlveda, analista de Desenvolvimento Tecnológico que atua na interface dos participantes. ■

Engaje-se

Você conhece outras localidades onde a biotecnologia pode ser útil para reverter passivos ambientais? Quer informações sobre esse mecanismo? Gostaria de conversar com profissionais da Vale que acompanham o estudo da UFMG? A pesquisa estará concluída em 2018 e merece ser compartilhada. Entre em contato com a equipe do projeto pelo e-mail MAIS@vale.com.

Glossário

Adsorção: Processo pelo qual átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de sólidos por meio de interações de natureza química ou física.

Mineralização: Processo em que uma substância orgânica é convertida em uma substância inorgânica.

Compostos voláteis: Compostos que possuem carbono na composição e temperatura de ebulição entre 50° e 260° C.

Bactéria heterotrófica: Bactéria incapaz de produzir seu próprio alimento, depende da oxidação de material orgânico previamente formado para obtenção de energia.

Polimerase: Enzima que catalisa a reação de polimerização de ácidos nucleicos a partir dos seus monômeros (nucleotídeos).

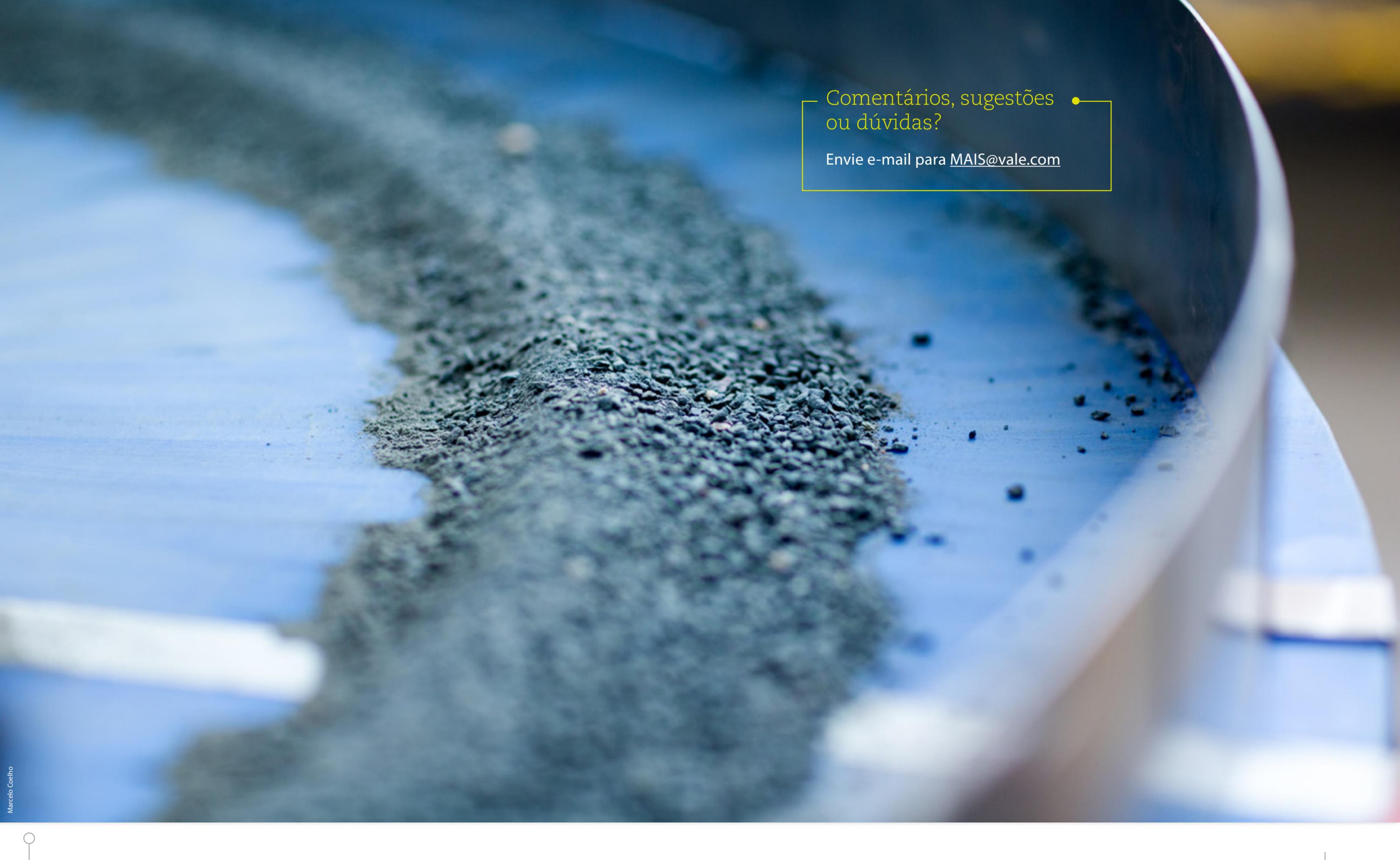
Eletroforese: Processo de migração para os eletrodos de espécies que são carregadas eletricamente em solução.

Emulsificante: Molécula que possui um grupo polar (que atrai a água) e um grupo apolar (que atrai compostos orgânicos), permitindo a interação de fases imiscíveis como óleo e água.

nMDS: Escalonamento multidimensional não métrico. Instrumento pelo qual várias tentativas são realizadas até que se obtenha uma solução aproximada para o problema.

Metagenômica: Estudo de metagenomas, material genético recuperado diretamente a partir de amostras ambientais.

Eutrofizado: Ambiente aquático com níveis aumentados de nutrientes orgânicos e inorgânicos, geralmente resultante da ação humana.



Comentários, sugestões
ou dúvidas?

Envie e-mail para MAIS@vale.com