

Título: Biorremediação de óleo na indústria: validação por uma startup acadêmica

Autores: Carolina Minnicelli, Rita Silva-Portela, Marbella Fonseca, Kamilla Silva-Barbalho e Lucymara Fassarella

Resíduos perigosos causam danos substanciais à saúde humana e ao meio ambiente. O mundo produz 400 milhões de toneladas de resíduos perigosos por ano - quase 13 toneladas por segundo. Somente de efluentes oleosos, estima-se que 20 piscinas olímpicas sejam geradas por hora no mundo todo. Empresas dos segmentos de metalurgia, siderurgia e petróleo enfrentam desafios no armazenamento e na destinação final destes resíduos. Visando atender aos requerimentos regulatórios, muitas indústrias optam por terceirizar a destinação final do resíduo industrial. Esta alternativa, no entanto, implica riscos. É no transporte rodoviário que está a maior causa de acidentes com substâncias perigosas. São 91 ocorrências por mês só em SP, segundo a Associação Brasileira de Transporte e Logística, podendo gerar multas milionárias. Com o propósito de reduzir o impacto ambiental gerado por atividades industriais, a Microciclo, uma startup acadêmica, desenvolve misturas de bactérias para descontaminar resíduos industriais. O primeiro produto desenvolvido é adequado para o tratamento de efluentes oleosos. Nas formulações líquida e em pó, o produto possibilita o reuso não potável do efluente tratado dentro da indústria ou seu descarte adequado. A solução promove melhoria na gestão dos resíduos e elimina a necessidade de transporte terceirizado. O mercado da Microciclo abrange clientes dos segmentos de metalurgia, siderurgia e petróleo, com os quais a solução está sendo validada. A inovação baseia-se na bioaugmentação, um processo de biorremediação no qual microrganismos específicos são adicionados para degradar contaminantes. O método oferece vantagens em relação aos métodos convencionais utilizados para redução de contaminantes derivados do petróleo e/ou de suas frações. A solução é ambientalmente amigável, tecnicamente segura e economicamente viável. Além da aplicação diretamente no tratamento de efluentes oleosos industriais, o produto também pode ser utilizado em casos de derramamento de combustíveis, frequentes em postos de gasolina, e se diferencia dos métodos físico-químicos, por apresentar menor custo. Os benefícios da solução estão atrelados aos objetivos de desenvolvimento sustentável: Água Potável e Saneamento (ODS 6), Indústria, Inovação e Infraestrutura (ODS 9), Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12), Ação contra a mudança global do clima (ODS 13), Vida na Água (ODS 14) e Vida Terrestre (ODS 15). O produto, que é um consórcio bacteriano, foi desenhado para atender tecnicamente às empresas com relação ao tempo de tratamento e composição dos resíduos. Ensaios de cromatografia gasosa acoplada em espectrofotômetro de massa foram realizados em amostras não tratadas e tratadas. A eficiência na degradação dos petroderivados pelo aditivo biológico foi avaliada, também, por análise gravimétrica de massa antes e após a inoculação dos microrganismos. A análise da água oleosa, após o tratamento com o produto da Microciclo, mostrou a diminuição dos níveis de benzeno e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) presentes nos resíduos industriais. O teor de óleos e graxas (TOG) de um resíduo oleoso proveniente de um posto de gasolina após a aplicação do produto foi estatisticamente diferente do controle (Teste t, $p = 0,00014$). No tratamento de um resíduo obtido da torre de lavagem de gases de uma indústria metal-mecânica, observou-se redução dos índices de HPA, voláteis (BTEX) e alifáticos (diesel range organics - DRO). Após 6 dias de tratamento, o TOG foi reduzido em 60%. As bactérias foram capazes de degradar até 35% de 9 parâmetros analisados

(Acenaftaleno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Criseno, DRO, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno e Pireno) e de 100% em 3 parâmetros (Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno) em relação ao controle. Os estudos de eficácia apresentados como exemplos de concretização da invenção submetida a análise de patente pelo INPI avaliaram a eficácia do inoculante biorremediador da Microciclo contendo até quatro cepas (em fase de sigilo) ou combinações das mesmas em concentrações que variaram de 10^4 a 10^{13} UFC/mL, em resíduos obtidos de postos de gasolina, aterro industrial e indústria metalúrgica. Os resíduos avaliados variaram em relação ao TOG, apresentando valores entre 100 mg/L e 5000 mg/L. O volume de cada uma das bactérias aplicadas foi calculado visando uma concentração de 10^5 UFC por mL a 10^{10} UFC por mL de resíduo. Os tratamentos foram monitorados semanal, quinzenal ou mensalmente e ocorreram sob agitação ou em repouso. As taxas de biodegradação do óleo variaram entre 60 % e 99 %, em relação aos respectivos controles. Para atingir a redução de 99 % em relação ao controle sem adição da composição bacteriana, o tratamento proposto poderá ter um preço médio de mercado estimado em R\$ 250,00 para tratar 1000 L. Para tratamentos com o mesmo fim e volume, empresas que produzem biorremediadores comercializados no Brasil apresentam um custo de tratamento até cinco vezes maior. A empresa Microciclo Biotecnologia Ltda foi fundada por pesquisadoras do Laboratório de Biologia Molecular e Genômica (LBMG) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O LBMG desenvolve projetos de biotecnologia voltados para a descoberta do potencial metabólico diante da diversidade de microrganismos que habitam os reservatórios de petróleo. Desde 2003, o LBMG incorpora técnicas das áreas de microbiologia ambiental, genética e biologia molecular. Dentre os principais produtos da pesquisa científica, estão: i) a elaboração de consórcios microbianos degradadores de hidrocarbonetos, ou seja, microrganismos selecionados a partir do ambiente com capacidade de consumir componentes tóxicos do petróleo; ii) a caracterização e produção de biosurfactantes; iii) elaboração de testes moleculares para detecção de genes específicos iv) sequenciamento do genoma de bactérias isoladas e dos consórcios degradadores; v) elaboração de bibliotecas genômicas que possibilitam a descoberta de genes ainda não caracterizados. Em 2019, a partir da aprovação na Chamada Pública para Equipes Empreendedoras e Startups Conecta Startup Brasil 039/2019, a Microciclo foi idealizada e o grupo formado por pesquisadoras do LBMG iniciou o desenvolvimento de um produto voltado para a biorremediação ambiental. No mesmo período, a Microciclo foi aprovada no Edital no 007/2019 da Chamada Pública do Programa Nacional de Apoio à Geração de Empreendimentos Inovadores - Programa Centelha- RN. O edital aprovou o fomento que possibilitou a aquisição de insumos, pagamento de serviços de pessoa jurídica, aquisição de equipamentos e custeio de diárias que viabilizaram colaborações com outras instituições. O projeto aprovado no Edital de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE) do CNPq/MCTI/SEMPI - Chamada N° 33/2020 e o fomento tiveram como objetivo atrair pesquisadores com experiência no desenvolvimento e inserção de mercado de produtos bacterianos para tratamento de resíduos industriais oleosos. Ao final de 2021, a Microciclo foi aprovada no edital de seleção para aceleração pelo hub Biotech Town. Em 2022, as participações mais recentes em editais incluíram o Programa Mulheres Inovadoras, 3ª Edição-2022. A Microciclo foi uma das seis startups vencedoras na região Nordeste. Ainda em 2022, a equipe participou do Startup Nordeste, uma estratégia de desenvolvimento regional que tem o grande objetivo de fomentar e desenvolver startups da região Nordeste. A MicroCiclo recebeu investimento pelo Edital Catalisa-ICT com projeto "Descontaminação biológica de água oleosa", possibilitando a ampliação da equipe e tem buscado capacitações internacionais

através da participação em editais e competições. Em 2020, a Microciclo participou do programa Academy Industry Training (AIT), implementado pela Swissnex Brazil (imersão Brasil) e pela Universidade de St. Gallen (imersão Suíça), através do edital de seleção do 7º ciclo de 2020 a 2021. Em 2020, a Microciclo foi uma das cinco finalistas na categoria Pitch do prêmio MIT \$100K Entrepreneurship Competition lançado pelo Instituto Tecnológico de Buenos Aires, juntamente com o MIT Sloan School of Management Latin America Office. Posteriormente, a Microciclo alcançou a final do 100K Latam 2021, sendo a startup vencedora da categoria Accelerate. A Microciclo participou ainda do Programa OpenLabs Brazil Ideas Contest, ficando entre as top 4 startups do concurso capitaneado pelo Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, o Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras do SENAI CETIQT, o International Sustainable Chemistry Collaborative Centre (ISC3) e a empresa londrina Clustermarket. A MicroCiclo recebeu acesso a um suporte de consultoria com especialistas, estrutura de laboratório e auxílio financeiro para o desenvolvimento da solução, bem como um período de aceleração de 2 meses, incluindo acesso aos laboratórios para o uso de equipamentos e instalações e o financiamento para realizar pesquisas e experimentos necessários para desenvolver a solução. A MicroCiclo foi considerada a startup do mês de abril de 2022 pela instituição alemã International Sustainable Chemistry Collaborative Centre (ISC3). Em 2022, a Microciclo foi selecionada para integrar a delegação brasileira que participou da Conferência Climática (COP 27) em Sharm El-Sheikh - Egito. Atualmente a equipe está trabalhando ativamente na validação da solução com a Schulz Automotiva e sendo acelerada pela ShiftT by Tupy. As ações e conquistas da equipe se dão em função da expertise do time que permitiu idealizar e criar seu primeiro protótipo como uma solução para atender aos segmentos que geram resíduos oleosos. A Microciclo possui um portfólio de bactérias que podem ser combinadas replicando a metodologia patenteada de desenvolvimento do primeiro protótipo. Foi possível ainda caracterizar os biossurfactantes produzidos pelos isolados bacterianos e desenvolver métodos de detecção molecular de bactérias, que possibilitam novos mercados de atuação para a Microciclo.

Palavras-chave: biorremediação, bactérias, óleo.