

2021.2



# REVISTA ENGENHARIA DE INTERESSE SOCIAL

Ano 6, N-8, 2021

ISSN: 2525-6041



editora



UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



UNIDADE JOÃO MONLEVADE

## **Endereço postal**

### **Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG**

Unidade João Monlevade  
Avenida Brasília, 1.304  
Bairro Baú - João Monlevade/MG - Brasil  
CEP 35.930-314 – Fone: (31) 3859-3200

## **Contato Principal**

### **Equipe – REIS**

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade João Monlevade  
Telefone: (31) 98510-1759  
E-mail: [revista.engenhariasocial@uemg.br](mailto:revista.engenhariasocial@uemg.br)

## **Contato para Suporte Técnico**

### **Revista Engenharia de Interesse Social**

Telefone: (31) 98510-1759  
E-mail: [revista.engenhariasocial@uemg.br](mailto:revista.engenhariasocial@uemg.br)

## **Equipe Editorial**

### *Editor Chefe*

Robson Pereira de Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

### *Conselho Editorial*

Andreia Ribeiro Ayres, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Arminda Eugenia Marques Campos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, SP, Brasil

Geraldo de Souza Ferreira, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil

Ivan Bursztyn, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Lênin dos Santos Pires, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

Marcus Alvarenga Soares, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil

Maurício César Delamaro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, SP, Brasil

### *Editores Científicos*

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rafael Otávio Fares Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Telma Ellen Drumond Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Vitória Régia Izau, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Belo Horizonte, MG, Brasil

### *Editor de Texto*

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

### *Editor Convidado*

Glelson Pereira Marques, Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, MG, Brasil

### *Assessores de Editoração*

Renata Janaína do Carmo, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Railton Barros Fonseca, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

### *Comitê de Avaliadores*

Adilson Assis Cruz Junior, Rede de Ensino DOCTUN, unidade de João Monlevade, MG, Brasil

Ana Paula Sena Gomide, Universidade do Estado de Minas Gerais, MG, Brasil

André Luís Vieira Elói, Universidade do Estado de Minas Gerais, MG, Brasil

Afonso de Paula dos Santos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

Agostinho Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Alan Rodrigues Teixeira Machado, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Alexandre de Barros Teixeira, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Alexsander Saves dos Santos, Universidade Brasil, Brasil

Aline Ferreira Antunes, Universidade Federal de Goiás, Brasil

Ana Maria Moreira Batista, UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais

Andrea Patrícia Vargas Niño, Universidad de Cundinamarca, Colômbia

Andreia Ribeiro Ayres, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Breno Eustáquio da Silva, Universidade do Estado de Minas Gerais Faculdade Doctum de João Monlevade, Brasil

Bruno Perozzi, Programa de Pós-graduação em Ciências Sociais, Brasil

Cassiano S. Rosa, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil

Coralie Heinis Dias, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil, Brasil

Daniele Cristina Gonçalves, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil, Brasil

Evaneide Nascimento Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fabricio Rainha Ribeiro, Faculdade Vértice – Univértix, Matipó, MG, Brasil

Fernanda Tátia Cruz, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fernanda Tavares Barcelos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Gabriela Braga Fonseca, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Gleicia Miranda Paulino, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Gracielle Antunes Araújo, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Graziela Fátima Pereira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Hilton César de Oliveira, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Hugo Marlon da Silva Nascimento, Rede de Ensino DOCTUM, unidade de João Monlevade, MG, Brasil

Hygor Aristides Victor Rossini, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Ícaro Trindade Carvalho, Rede Doctum de Ensino, Brasil

Isac Jonatas Brandão, Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, Manhuaçu, MG, Brasil

Jônatas Franco Campos da Mata, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

José Alves Ferreira Neto, Universidade do Estado de Minas Gerais - João Monlevade, MG, Brasil, Brasil

Júnia Soares Alexandrino, Universidade do Estado de Minas Gerais - João Monlevade, MG, Brasil

Juscelina Rosiane Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Jussara Aparecida de Oliveira Cotta, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Kátia Andréa Carvalhaes Pêgo, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Kelly Cristina Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Ladir Antonio Silva Junior, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Laura de Souza Cota Carvalho Silva Pinto, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Lucília Alves Linhares Machado, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus João Monlevade, Brasil

Luiza Bedê, Professora de Linguística e Língua Portuguesa do Centro Universitário Municipal de Franca

Maísa Comar Pinhotti Aguiar, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Marcelo Silva Pinto, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Marcus Alvarenga Soares, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil

Maria de Lourdes de Almeida Silva, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

Maurício César Delamaro, UNESP, Guaratinguetá, SP, Brasil

Michel Fábio Moreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Paulo Zaeyen de Oliveira e Silva, Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Brasil

Rafael Otávio Fares Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rafael Vital Januzzi, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Renata dos Santos, Universidade Federal de Itajubá - Campus Theodomiro Carneiro Santiago, Brasil

Rieder de Oliveira Neto, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rita de Cássia Mendes, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Robson Pereira de Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Roney Eduardo Lino, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Rubem Geraldo Vasconcelos Machado, Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, MG, Brasil

Rudinei Martins de Oliveira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Savio Correa, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, Brasil

Sergio Luiz Gusmão Gimenes Romero, Universidade Do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Sergio Melo da Silva, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil

Shisley Ramos Barcelos, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Silmara Garcia, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Sofia Luiza Brito, Universidade do Estado de Minas Gerais, Ubá, MG, Brasil

Tamara Daiane Souza, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil

Telma Ellen Drumond Ferreira, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Vitória Régia Izau, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Wagner Ragi Curi Filho, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

## SUMÁRIO

### Editorial

Por uma engenharia capaz de nos humanizar! .....	vii
--	-----

### Artigos

O anteprojeto da Vila Operária de João Monlevade – MG e as ideias do arquiteto Lúcio Costa .....	1
Avaliação da formação dos compostos secundários durante o processo fermentativo de produção da cachaça .....	23
Índice de Potencialidade Socioeconômica e Produtiva da atividade pesqueira marinha e estuarina na região Norte e Sul de São Paulo (IPSP-Norte & Sul) .....	35
Técnicas de recuperação e separação de elementos terras raras empregando resinas de troca iônica .....	54
A incorporação de serviços para o conhecimento na Cadeia Produtiva do Setor de Telecomunicações.....	73
Manuseio e aproveitamento de estéreis em mineração .....	104
Caracterização mineralógica e textural do itabirito e minério de ferro de alto teor da mina do Andrade.....	117



## Editorial

*Viva Paulo Freire!*

Nem só de signos macambúzios se faz um ano. Mesmo nestes tristes tempos. Em meio às catástrofes continuadas que demarcam o 2021 que se encerra, também encontramos espaço para celebrar — afirmação arquetípica de (re)existência — o legado de um dos maiores pensadores latino-americanos de todos os tempos: Paulo Freire, patrono da educação brasileira.

E se é bem verdade que Freire tem ganhado destaque nos últimos anos por ter se tornado alvo preferencial de grupos e setores fascistóides, cuja boçalidade e afã bestial trabalham diuturnamente para consolidar, enrijecer e intensificar todas as opressões, não é menos verdade que o autor de *Pedagogia do oprimido* se fez e se faz ouvir, presentemente, ecoando gestos e palavras com que aprendemos mais e mais a cada vez que os revisitamos.

Por outro lado, devemos reconhecer que, desde o ponto de vista da classe dominante (ou seja, aqueles *poucos* que lucram *muito* com a miséria de *inúmeros*), não há como ignorar o quão incômodo Paulo Freire pode ser. Trata-se de um pensador radical e intransigente na formulação e na defesa da libertação dos homens não como ideal esvaziado ou performance fetichizada do sujeito, mas enquanto práxis transformadora e processo permanente. (2017, p. 57)

E, em consonância com a incisiva observação de Eduardo Galeano de que “[...] a primeira condição para mudar a realidade é conhecê-la” (2015, p. 371), Freire nos ensina que, a partir do reconhecimento da desumanização dos homens pode-se, dialeticamente, vislumbrar sua humanização:

[...] reconhecer a desumanização, não apenas como viabilidade ontológica, mas como realidade histórica. É também, e talvez sobretudo, a partir desta dolorosa constatação que os homens se perguntam sobre a outra viabilidade — a de sua humanização. [...] Mas, se ambas são possibilidades, só a primeira nos parece ser o que chamamos de vocação dos homens. Vocação negada, mas também afirmada na própria negação. Vocação negada na injustiça, na exploração, na opressão, na violência dos opressores. Mas afirmada no anseio de liberdade, de justiça, de luta dos oprimidos, pela recuperação de sua humanidade roubada. (2017, p. 40)

Essa vocação não consiste em mero idealismo abstrato, pois os homens criam sua própria humanidade, na concepção freiriana, justamente ao buscarem recuperá-la. Esse processo se concretiza por meio da educação e é, necessariamente, um percurso coletivo. Sob essa ótica, é possível estabelecer uma relação fecunda entre Paulo Freire



e outro importante pensador do século XX cujo centenário de nascimento também foi comemorado neste ano que se encerra. Trata-se do precursor dos Estudos Culturais: o britânico Raymond Williams, o qual, em convergência evidente com a perspectiva de nosso patrono, afirma categoricamente que: “a ignorância de qualquer ser humano me diminui, e a habilitação de todo ser humano é um ganho comum de horizontes” (WILLIAMS, 2015, p. 23).

A essa altura, caro leitor, você pode estar se perguntando “e o que a engenharia tem a ver com isso?” “Bem”, diríamos nós, da REIS, “tem tudo!”. Desde que, é claro, nosso horizonte seja uma *Engenharia de Interesse Social*.

Nesse sentido, é fato que, por muito tempo, o campo das engenharias no Brasil se manteve alheado das realidades opressoras enfrentadas pela maioria de nossa população — seja pela falta de atuação de engenheiros no intuito de buscar e propor soluções para os problemas concretos que atravessam a vida cotidiana em todos os rincões deste país, seja pela inacessibilidade dos cursos superiores de engenharia para a imensa maioria de nosso povo.

Assim, a REIS objetiva, ao revés da tendência anteriormente descrita, fomentar e divulgar uma compreensão das engenharias que parte do reconhecimento crítico da relação dialética entre tecnologia e sociedade — o que implica que as ações de engenharia nunca são neutras ou desprovidas de implicações sócio-históricas e político-ideológicas (CRUZ; RUFINO, 2020). Dessarte, o escopo do periódico se articula com as concepções de engenharia engajada (KLEBA, 2017) ou de engenharia popular (EP):

Como tal, a EP se funda na compreensão de que todo desafio técnico pode ser resolvido por meio de distintas soluções; que cada solução reforça ou emula alguns valores ético-políticos em detrimento de outros, razão pela qual, dentre as múltiplas soluções possíveis para um problema, uma (ou algumas) é preferida às demais; e que a tecnologia e a sociedade conformam-se mutuamente em algum nível. Por essa razão, as soluções que se constroem serão sempre sociais e técnicas ao mesmo tempo, ou, de forma abreviada, sociotécnicas. (CRUZ; RUFINO, 2020, p. 15)

É neste espírito e imbuídos da responsabilidade e do compromisso com essa práxis que apresentamos o presente número, composto por sete artigos originais cuja leitura, nos parece, constitui um belo fecho para o 2021 que finda e uma bela travessia para o 2022 que nos bate à porta.

Em primeiro lugar, o trabalho “**O anteprojeto da Vila Operária de João Monlevade – MG e as ideias do arquiteto Lúcio Costa**”, de autoria de Romário Nunes Silva e Rafael Otávio Fares Ferreira nos apresenta um importante episódio da história da cidade em que a REIS se encontra alocada. Trata-se de uma exposição acerca do anteprojeto que Lúcio Costa — um dos mais importantes nomes da arquitetura e do modernismo brasileiros — submeteu ao concurso realizado pela Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira no ano de 1934 para a construção da Vila Operária de João Monlevade. Embora a proposta de Lúcio Costa não tenha sido escolhida, a análise desse

seu trabalho recupera elementos importantes tanto de sua trajetória quanto de nosso município.

O artigo “**Avaliação da formação dos compostos secundários durante o processo fermentativo de produção da cachaça**”, de autoria de Bárbara Dias Machado, Elaine Cristina da Conceição, Thatiane Magalhães Teixeira e Alan Rodrigues Teixeira Machado, por sua vez, avalia a formação de compostos orgânicos durante o processo fermentativo dessa bebida tipicamente brasileira: a cachaça. O estudo, realizado ao longo de 35 dias, observa o atendimento a padrões estipulados pela legislação brasileira bem como a variação do produto em relação a determinados parâmetros. Nesse sentido, constitui importante contribuição para a análise e a manutenção de padrões de qualidade da bebida.

Já o texto “**Índice de Potencialidade Socioeconômica e Produtiva da atividade pesqueira marinha e estuarina na região Norte e Sul de São Paulo (IPSP-Norte & Sul)**”, redigido por Eliza Rocha Morêto, Rodrigo Randow de Freitas e Mayra Jankowsky, analisa a potencialidade socioeconômica, produtiva e ambiental das comunidades pesqueiras dos municípios do litoral norte e sul do estado de São Paulo. A pesquisa aponta discrepâncias significativas do setor entre as diferentes cidades consideradas, sublinhando a necessidade de avanços e melhorias, inclusive por parte do poder público, sobretudo em relação aos municípios cuja estrutura e dinâmica pesqueira se mostra mais subdesenvolvida.

Na sequência, o trabalho “**Técnicas de recuperação e separação de elementos terras raras empregando resinas de troca iônica**”, cujos autores são Tamara Monteiro, Sabrina Oliveira Passos e Ana Carolina Silva Machado Tameirão, realiza um cuidadoso estudo bibliográfico sobre a recuperação e separação dos elementos terras raras de efluentes ácidos por meio da técnica de troca iônica utilizando resinas. A revisão de literatura fez uso das bases de dados *Science Direct* e *Google Scholar* no intervalo entre os anos de 2015 e 2020.

Por seu turno, o artigo “**A incorporação de serviços para o conhecimento na Cadeia Produtiva do Setor de Telecomunicações**”, de Wilson Machado Enes, aborda os Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs), do ponto de vista das características das empresas prestadoras de serviços que pertencem à cadeia de telecomunicações, mais especificamente, no segmento de telefonia. O trabalho apresenta evidente contribuição em relação à existência de Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs) no setor de Telecomunicações no Brasil, bem como para o conhecimento das características e da dinâmica de inovação das empresas do setor em questão.

O texto “**Manuseio e aproveitamento de estéreis em mineração**”, redigido por Marcos Delgado Gontijo, promove um estudo de análises bibliográficas e empíricas relacionada à temática da geração e destinação dos resíduos sólidos de mina, isto é, os estéreis. O trabalho reconhece a gestão dos estéreis como parte fundamental da mineração contemporânea, sinalizando caminhos para a redução de custos e otimização de resultados.

Por fim, o trabalho “**Caracterização mineralógica e textural do itabirito e minério de ferro de alto teor da mina do Andrade**”, cujos autores são Marina Silva Dias, Pedro

Henrique Santos Lopes e Flávia Cristina Silveira Braga, apresenta pesquisa realizada a partir da confecção e descrição de seções polidas de minério e protominério (itabirito) da frente de lavra da Mina do Andrade, localizada no município de Bela Vista de Minas/MG. O estudo demonstra que o depósito em questão, a despeito da aparente homogeneidade de seu minério, apresenta diferenças não apenas em termos de compacidade, mas também em termos texturais. Os resultados obtidos se mostram relevantes no que tange ao direcionamento de estudos de processamento mineral, bem como para a predição do comportamento dos minérios analisados na siderurgia.

Como é evidente, trata-se de uma constelação de trabalhos bastante heterogênea, abarcando temas, problemas, metodologias e áreas distintas. Todavia, as confluências que permitem que textos a princípio tão díspares possam, na presente edição, serem assim reunidos dizem respeito, justamente, à proposta já enunciada de uma engenharia capaz (e desejosa) de promover transformações que nos humanizem — quer pelo aprimoramento de processos complexos quer pela resolução de simples problemas cotidianos; ora nos auxiliando a (re)conhecer a realidade a nossa volta ora nos incentivando a modificá-la.

*Por uma engenharia capaz de nos humanizar!*

Boa leitura,

Sérgio Luiz Gusmão Gimenes Romero

## REFERÊNCIAS

CRUZ, Cristiano; RUFINO, Sandra (orgs.). **Engenharia popular**: histórias, práticas e metodologias de intervenção. Natal, RN: Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá – REPOS, 2020.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro; São Paulo: Paz e Terra, 2017.

GALEANO, Eduardo. **As veias abertas da América Latina**. Trad. Sérgio Faraco. Porto Alegre, RS: L&PM, 2015.

KLEBA, J. Engenharia engajada – desafios de ensino e extensão. **Revista Tecnologia e Sociedade**, vol. 13, nº 27, p. 170-187, 2017.

WILLIAMS, Raymond. “A cultura é algo comum”. In: \_\_\_\_\_. **Recursos da esperança**: cultura, democracia, socialismo. São Paulo: Ed. UNESP, 2015.



## O anteprojeto da Vila Operária de João Monlevade – MG e as ideias do arquiteto Lúcio Costa

Romário Nunes Silva<sup>1</sup>

Rafael Otávio Fares Ferreira<sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo desse artigo consiste na exposição, a partir de levantamento bibliográfico, acerca do anteprojeto arquitetônico de autoria de Lúcio Costa, submetido ao concurso realizado pela Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (atual ArcelorMittal) no ano de 1934, com a finalidade de se construir a Vila Operária de João Monlevade – MG, realizando assim um resgate histórico das primeiras propostas do arquiteto, que, anos mais tarde, se tornaria um dos mais importantes nomes do modernismo brasileiro.

**Palavras-chave:** João Monlevade. Lúcio Costa. Arquitetura. Vila Operária. Modernismo.

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: [nunesromario7@gmail.com](mailto:nunesromario7@gmail.com).

<sup>2</sup>Graduado, Mestre e Doutor em Letras pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. É poeta e também professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: [rafael.ferreira@uemg.br](mailto:rafael.ferreira@uemg.br).

*The preliminary project of Vila Operária by  
João Monlevade – MG and the ideas of architect Lúcio Costa*

**ABSTRACT**

*The objective of this article is to carry out a bibliographical survey on the architectural project submitted to the competition promoted by Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (currently ArcelorMittal) in 1934, with the objective of building the Vila Operária de João Monlevade – MG and, thus, carrying out a historical rescue from the first proposals of architect Lúcio Costa, who, years later, would become the most important Brazilian modernist architect.*

**Keywords:** *João Monlevade. Lúcio Costa. Architecture. Workers' Village. Modernism.*

Artigo recebido em: 03/12/2021

Aceito em: 21/12/2021

## 1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa está incluída no esforço que tem sido empregado pelo grupo de pesquisa da Universidade Estadual de Minas Gerais, unidade João Monlevade, denominado História e Memória. O objetivo do grupo é pesquisar, coletar, registrar, organizar e analisar fontes e dados, aspectos históricos da cidade, já que, apesar de João Monlevade ser um polo universitário, nota-se uma escassez de material científico-acadêmico com este viés. O intuito é que estas ações levem os estudantes das instituições de pesquisa, e conseqüentemente os cidadãos, a possuírem um acervo cada vez mais rico, diverso e disponibilizado publicamente, para que assim a universidade contribua para a valorização e preservação do patrimônio material e imaterial não só da cidade, mas de toda a região do Médio Piracicaba.

A metodologia desta pesquisa foi ler como fonte principal o anteprojeto manuscrito pelo próprio arquiteto Lúcio Costa disponível em seu acervo digital criado pelo Instituto Tom Jobim. Além desta fonte, foram feitas pesquisas bibliográficas sobre o modernismo brasileiro, as ideias e outros projetos do arquiteto, e sobre a história da realização da Vila Operária de João Monlevade.

## 2. A ORIGEM DA CIDADE JOÃO MONLEVADE E SEU ENVOLVIMENTO HISTÓRICO COM A SIDERURGIA

Antes de começarmos nosso estudo pelas ideias de Lúcio Costa, é preciso pontuar as características do nosso espaço, entendendo os eventos que se sucederam antes da possibilidade da Belgo-Mineira se instalar na região.

A atual cidade de João Monlevade está situada no Quadrilátero Ferrífero, o qual está localizado na porção central do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 19°45''a 20°30''S e 44°30''a 43°07''W, totalizando uma área aproximada de 7.200 km<sup>2</sup>. (SILVA, 2007, p. 42)

De acordo com Alkmin & Marshall, (apud SILVA, 2007), o Quadrilátero Ferrífero pode ser considerado uma das mais importantes províncias minerais do país, sendo formada por quatro grandes estruturas litoestratigráficas: Embasamento Cristalino, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi.



Tratava-se, portanto, de uma boa oportunidade de expansão da companhia, pois a Belgo-Mineira atuava, até então, apenas na usina situada em Sabará – MG. Todavia, João Monlevade ainda não possuía a infraestrutura necessária, como estradas adequadas, linhas de ferro e outros meios de transportes (LIMA, 2003).

#### 4. O CONCURSO

Na intenção de se expandir, a então companhia siderúrgica Belgo-Mineira, no ano de 1926, decide criar outra usina. O novo local escolhido foi as terras de Rio Piracicaba – MG, todavia, para isso, era preciso criar toda a infraestrutura necessária para abrigar suficientemente os trabalhadores que passariam a residir na nova Cidade Operária.

Assim foi promovido um concurso para a elaboração do projeto da vila, que ficou conhecida como “Vila Operária de Monlevade”. Na verdade, desde os anos 1880, estes núcleos vinham se desenvolvendo no Brasil, mas na maioria dos casos sem a existência de um plano prévio (CORREIRA, 2003). A partir da década de 30, essas construções começam a ser desenvolvidas por meio de projetos.

Nesse sentido, a criação da vila de João Monlevade não está descontextualizada de outros importantes projetos:

Um marco importante desse novo momento foi Monlevade, criado pela siderúrgica Belgo-Mineira, em 1937, no estado de Minas Gerais. Nas décadas seguintes sucederam-se outros exemplos importantes, entre os quais Harmonia e Lagoa, criados pela Klabin, no Paraná, Volta Redonda criada pela CSN, no estado do Rio de Janeiro e Timóteo, criado pela Acesita, em Minas Gerais. (CORREIA, 2003, p. 81)

Segundo Lima (2003), o concurso para a nova cidade operária teve as suas regras definidas por meio de um edital bastante minucioso, conforme constatamos nas referências feitas pelos concorrentes aqui estudados. Pelo que foi levantado pela presente pesquisa, o edital não foi divulgado pela imprensa, tendo sido, provavelmente, encaminhado por meio de carta-convite, conforme afirma a pesquisadora:

O que atesta a realização do concurso são os memoriais publicados por estes técnicos. Não podemos afirmar que esta concorrência foi feita por meio de um edital público, tendo em vista que não localizamos o mesmo em periódicos, muito menos nos acervos documentais da companhia. O mais provável é que o concurso tenha sido instituído através de uma carta-convite. Daí o interesse em selecionar técnicos de renome para a disputa, visando assegurar a qualidade das soluções e, também, para que houvesse maior repercussão dos trabalhos nos meios técnicos. (LIMA, 2003, p. 81)



Um dos profissionais participantes e vencedor do concurso, o Engenheiro Lincoln Continentino relata que teve apenas quinze dias para desenvolver o anteprojeto, pela demora no recebimento do edital: "...devido a um atraso de correspondencia, só dispuzemos de um espaço de 15 dias — de 5 a 20 de março — para a organização de todos os projectos, especificações geraes, orçamentos" (Apud LIMA, 2003, p. 97).

É neste contexto que o arquiteto Lúcio Costa apresenta também sua proposta, a qual pode ser considerada um de seus primeiros projetos:

Embora o anteprojeto formulado por Lúcio Costa não tenha sido convertido em um plano urbano detalhado, nem executado, trata-se de um documento importante por explicitar a atitude do autor diante da questão da moradia operária, no contexto de um núcleo fabril. (CORREIA, 2003, p. 81)

## **5. LÚCIO COSTA E SEU DESPERTAR PARA A ARQUITETURA MODERNA**

Lúcio Marçal Ferreira Ribeiro Lima Costa, mais conhecido como Lúcio Costa, nasceu em Toulon, França, no dia 27 de fevereiro de 1902. Era filho do almirante Joaquim Ribeiro da Costa e de Alina Ferreira da Costa. Estudou no *Royal Grammar School*, em Newcastle, na Inglaterra e no *Collège National*, em Montreal, na Suíça.

No ano de 1917, voltou ao Brasil e ingressou na Escola Nacional de Belas Artes, no Rio de Janeiro, concluindo o curso de arquitetura e pintura em 1924. Chegou a criar, entre os anos de 1922 e 1929, um escritório de arquitetura em sociedade com Fernando Valentim, realizando projetos conformes com os estilos Neoclássico e Neocolonial (WISNIK, 2001).

Diante deste quadro, ficava evidenciada a relação de Lúcio Costa com a Arquitetura Neoclássica e Neocolonial, alguns anos antes de se tornar um precursor da Arquitetura Moderna Brasileira. Na década de 20, Costa, junto com Fernando Valentin, projetou e construiu um grande número de residências dentro do estilo Neocolonial, de que se pode citar como exemplos a residência de Raul Pedrosa, em 1925, no Rio de Janeiro (WISNIK, 2001).

Nessa mesma década, ocorreu a semana de Arte Moderna, um esforço de atualização da linguagem artística brasileira (CAMPOS, 1990). A Semana de Arte Moderna pode ter consolidado em Costa a busca pelo novo, pela inovação, o rompimento com o acadêmico e

a descoberta de uma identidade nacional na arquitetura, mesmo que sua atuação esteja marcada por “contradição e ambiguidade” (WISNIK, 2001, pág.8).

Na verdade, um dos seus despertares parece ter ocorrido, mais especificamente, dois anos depois da Semana, quando ele viajou à Diamantina – MG, ainda como estudante. A viagem, que fora financiada por José Mariano Filho, deve tê-lo colocado em contato com a simplicidade da arquitetura civil do período colonial, inspirando-lhe uma reelaboração de sua percepção estética e cultural:

Em 1924, durante uma viagem a Diamantina (MG), Lúcio Costa observou a pureza e a simplicidade da arquitetura do período colonial, bem diferente dos projetos que fazia. Cinco anos depois dessa viagem, mudou radicalmente o rumo de sua atuação profissional, rompendo com o movimento neocolonial e procurando a linguagem plástica correspondente à tecnologia construtiva do seu tempo. (SENADO FEDERAL, 2010)

Mais um motivo que pode ter colaborado para o seu despertar da Arquitetura Moderna parece ter sido a forte influência dos textos escritos pelo autor paulista Mário de Andrade. Especificamente, essa influência teria se dado em dois períodos distintos:

Num primeiro texto escrito no início da década de 1920, sobre a arte religiosa, Mário de Andrade manifesta sua posição de defesa de um estilo arquitetônico mais próximo às tradições culturais brasileiras, cujo teor o aproxima das idéias desenvolvidas por Ricardo Severo, alguns anos antes. Ao longo desse texto Mário de Andrade vai explicitando seu pensamento, revelando certa originalidade na forma de caracterização da tradição colonial na medida em que apresenta elementos que identifiquem uma arte brasileira de influência portuguesa. Na sua idéia distingue as manifestações que considera como simples transposição do modelo português — as construções do litoral — daquelas que passaram por um processo de adaptação de tais modelos — ou seja, a arquitetura simples do interior — portanto mais aptos a representar uma tradição brasileira. Essa idéia se contrapunha aos princípios da arquitetura neocolonial que se respaldava na pesquisa formal de elementos ricos em detalhes ornamentais. (SANTOS, 2006, p. 41)

O segundo ocorreu no final da década de 1920, em uma sequência de quatro textos, revelando neles, críticas à arquitetura neocolonial:

O resultado é que tanto nesta série de quatro textos publicados entre 23 e 26 de agosto de 1928 sob o título “Arquitetura Colonial”, quanto no artigo “Arquitetura Moderna” publicado em três partes entre 2 e 4 de fevereiro do mesmo ano, a ostensiva hesitação do crítico de arte empregado no Diário Nacional, não esconde sua grande ambição intelectual: compreender o lugar da arte moderna — e da nova arquitetura especialmente — na atualidade brasileira. (LIRA, 1999, p. 2)

Também não se pode deixar de ressaltar a admiração que Lúcio Costa tinha por um famoso arquiteto modernista da época, Le Corbusier, um dos mais importantes arquitetos do

século XX e um dos fundadores do movimento da arquitetura moderna. Cabe ressaltar também a construção da primeira casa modernista, projetada por Gregori Warchavchik em 1927, na rua Santa Cruz em São Paulo, a qual, recebendo críticas da sociedade acadêmica, foi, todavia, elogiada por Lúcio Costa.

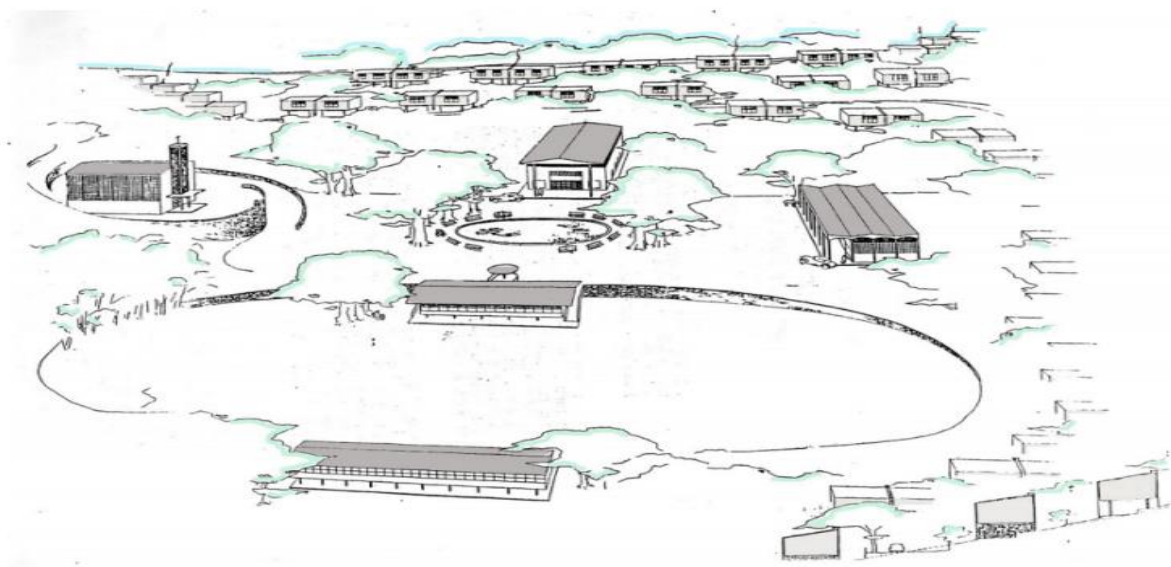
## 6. AS PRETENSÕES ARQUITETÔNICAS APRESENTADAS POR LÚCIO COSTA

Lúcio Costa começa seu memorial pedindo desculpas pela impossibilidade de visitar o local do projeto, mas afirma que, a despeito disso, já era do seu conhecimento a topografia da região, pois havia feito viagens ao interior de Minas anteriormente (CORREIA, 2003).

De acordo com Correia (2003), Lúcio Costa situa Monlevade próximo de uma cidade mineira chamada Sabará, onde havia outra usina da Companhia Belgo-Mineira e que se localiza a cerca de 150 quilômetros de Monlevade, evidenciando o seu confesso desconhecimento da área para a qual formulou seu anteprojeto, a qual era, na verdade, maior do que o sugerido pelo arquiteto em seu memorial.

Além disso, ressaltou também que não teve disponibilidade para desenvolver um estudo orçamentário da implementação da sua proposta, deixando escapar uma das determinações colocadas no edital.

**Figura 2:** Perspectiva geral do projeto apresentado por Lúcio Costa



Fonte: LIMA, 2003.

Por sua vez, em relação à topografia do local, Costa teve que fazer uma suposição para a formulação do anteprojeto, apesar de que ele tinha noções mínimas de que se tratava de um terreno acidentado. Dessa forma propôs uma busca por delineamento “elástico”, tentando priorizar o mínimo de movimentação de terra.

Por meio destes princípios, Costa ressalta o emprego de um “(...) systema construtivo há cerca de vinte anos preconizado por Le Corbusier e P. Jeanneret, e já hoje por assim dizer incorporado como um dos princípios fundamentaes da architectura moderna — os pilotis: ‘*on ne se trouvera plus devant ou derrière la Maison, mais sous la Maison.*’” (COSTA, 1930-1939, p. 1).

O estudioso Guilherme Wisnik afirma, em seu livro *Lúcio Costa*, que:

O projeto da vila operária é contemporâneo do texto manifesto da arquitetura moderna no Brasil de inspiração corbussiana: “Razões da nova arquitetura”. Essa correspondência se mostra, por exemplo, na solução da tipologia habitacional, suspensa sobre pilotis e construída em concreto armado. (WISNIK, 2001, p. 50)

Assim, o componente que estruturava e definia a sua composição era o “piloti”. Este elemento se mostrava apropriado para a topografia do local, além de reduzir o custo de fundações e movimentação de terra.

Costa seguiu certos requisitos, resolvendo assim, em parte, o problema da não visita ao local. Seriam eles: reduzir ao mínimo os movimentos de terra, prejudicar o menos possível a beleza natural do lugar e evitar “delineamentos rígidos e pouco malleaveis, procurando, pelo contrário, aquelle delineamento que se apresentasse como mais elástico, tornando assim fácil a sua adaptação conveniente às particularidades topographicas locais;” (COSTA, 1930-1939, p. 1).

Munido dessas estratégias, Costa tirou proveito de técnicas modernistas. Assinalando suas vantagens, fez menção a uma prática construtiva brasileira que se dá pelo uso do barro armado, a taipa, já bem conhecida no estado de Minas Gerais:

Economia nos movimentos de terra, economia nas fundações, economia na construção das paredes tanto externas como divisórias, economia na armação da cobertura, melhor orientação, aumento no valor locativo e, ainda, “de quebra”, a economia de uma porta — a da cosinha — compensam de sobra o pequeno aumento inicial de despesa que representariam (...). (COSTA, 1930-1939, p. 1)

Costa voltou-se à preservação da arborização existente no local, pontuando indicações necessárias para um controle maior por parte da empresa, que assumiria responsabilidade por sua manutenção:

Deveria também proibir terminantemente a póda das árvores ou arbustos em formas bizarras ou geométricas, pois constitui um dos preceitos da arborização moderna o contraste entre a nitidez, a symetria, a disciplina da architectura e a imprecisão, a symetria, o imprevisto da vegetação (COSTA, 1930-1939, p. 2).

Junto a isso, também foi proposto, para diminuir os ruídos da via férrea, a criação de uma cortina verde, empregando bambus em sua produção, com o que se esperava contribuir, também, para além da diminuição dos ruídos, com a eliminação da poeira e fumaça deixadas pela locomotiva. Costa, optando pela preservação da vegetação local, criou um plano que não só se limitava às ruas e praças, mas incluía também os jardins das casas, contribuindo assim com a harmonia do conjunto. Foi feita também a sugestão da criação de hortas e pomares, sob os cuidados de uma cooperativa que poderia ser criada entre os próprios operários.

Lúcio Costa projetou todas as construções que foram solicitadas pelo edital, como habitações individuais, armazém, clube, cinema, escola e igreja. Em todas foi preconizado o mesmo sistema construtivo, baseando-se no concreto armado. Costa também propôs que: “não deveria levar qualquer revestimento, mas simples caiação ou pintura adequada” (COSTA, 1930-1939, p. 2).

Seria adoptado o seguinte criterio: cinema e igreja — lage de concreto com espessura mínima e trabalhando à face inferior das vigas; armazem e club — caiação directa sob as chapas de “eternite”, escola e casas — “taquara” convenientemente esticada sob barroamento de 1” x 3” afastado cerca de 0m,50 de eixo a eixo, tendo para o remate com a parede e à guisa de mata-junta uma simples ripa de 0m,01 x 0m,04 (COSTA, LÚCIO, 1930-1939, p. 2).

Ele também se referiu à cobertura das edificações, que seriam adotadas pelo projeto, sendo que todas as edificações seguiriam o mesmo modo:

Uniforme de Eternite não somente devido á leveza, durabilidade e apreciaveis qualidades isothermicas desse material, como por ser elle de procedencia belga e de aquisição possivelmente vantajosa para a Companhia (isenção de direitos, e outras). Constando de uma agua apenas a cobertura das casas e de duas as dos demais edificios, as calhas e condutores foram reduzidos ao minimo (COSTA, LÚCIO, 1930-1939, p. 2).

A implantação geral dispunha ainda de um centro de convívio, contando com os equipamentos públicos a que uma praça teria direito, os quais seriam construídos em meio a

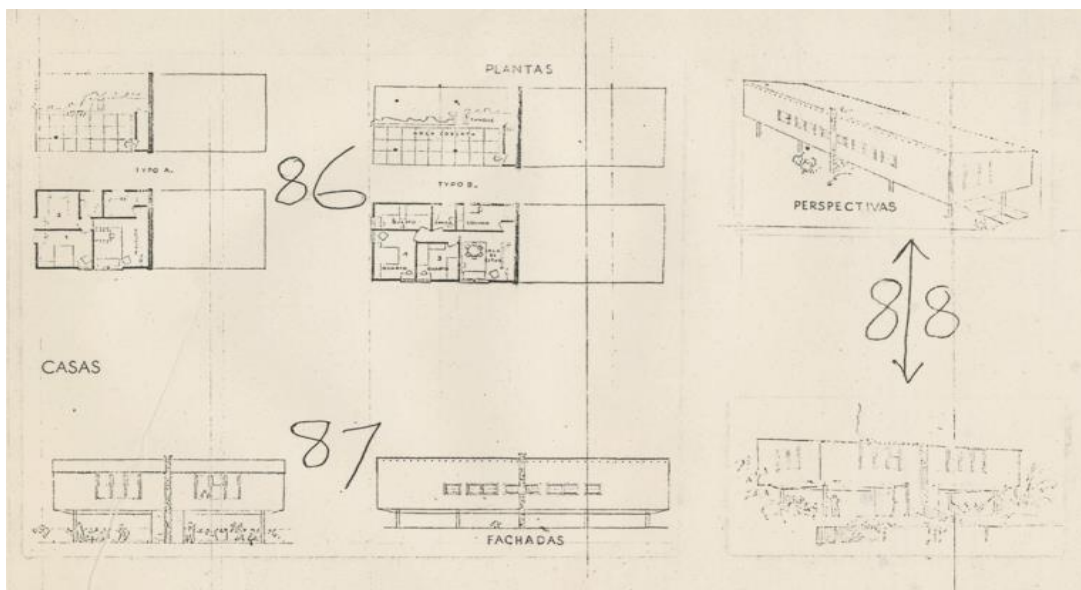
uma arborização frondosa. A igreja por sua vez se destacava em posição central, abençoando o local como o Cristo Redentor no Rio de Janeiro, com acesso por meio de uma rampa elíptica, aliada com o cinema, armazém e o clube. A praça contava também com um espelho d'água circular.

Seguindo a proposta, o coreto, habitual em qualquer praça, foi curiosamente deslocado próximo ao clube. O clube, previsto em dois pavimentos, tinha um desnível que se abriria para o campo desportivo. Já a escola foi afastada, ficando disposta do outro lado deste campo, provavelmente prevendo uma calmaria para os estudantes. Ainda mais distante do centro de convívio, prevalecendo perante a topografia das encostas acidentadas, seriam construídas as residências dos operários. Essas também ficariam em meio a uma densa arborização.

No memorial, Costa se preocupou em fornecer um bom detalhamento tanto das moradias, quanto dos edifícios, descrevendo com riquíssima precisão de detalhes. Ele chegou a adicionar um extra no memorial, incluindo um tipo de mobiliário econômico e de fácil fabricação, considerado por ele mais adequado para complementar as casas projetadas.

Passamos, agora, a destacar individualmente cada edificação, começando com especificações das casas que abrigariam os operários e o corpo técnico. Costa defendeu que elas fossem compridas em partido único, se tornando moradias individuais geminadas e, como já referido antes, construídas sobre pilotis. Na proposta, as habitações deveriam ser agrupadas por ordem econômica e plástica.

**Figura 3:** Planta Baixa, Perspectivas e Fachadas das casas



**Fonte:** Instituto Antonio Carlos Jobim, 2020.

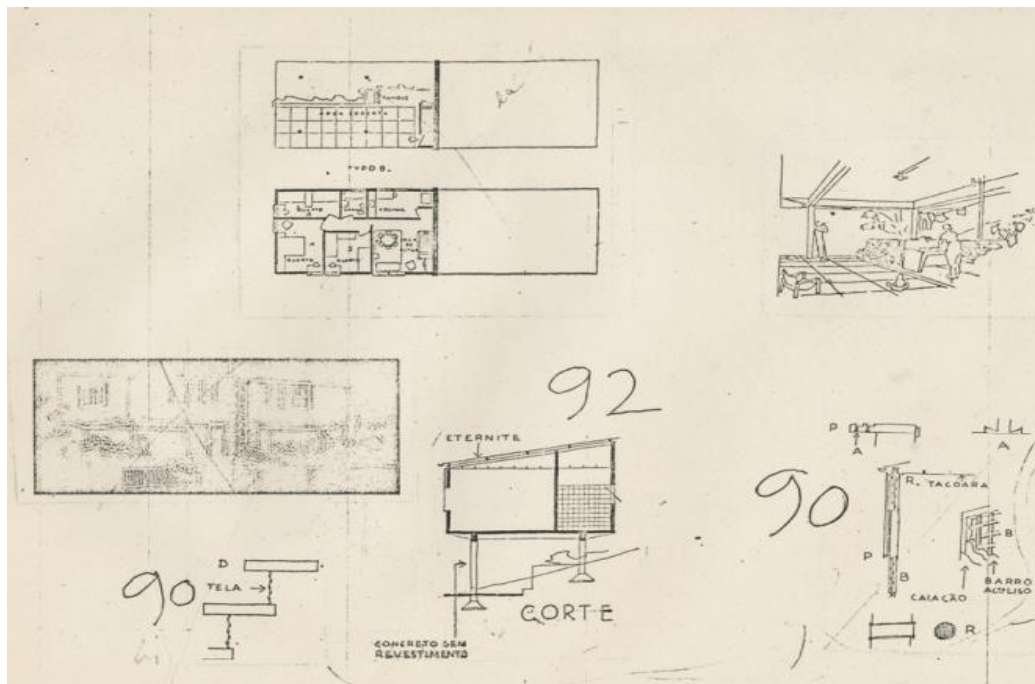
As casas tiveram nas distribuições das esquadrias, a colocação de elementos uniformes. As janelas seriam moduladas em 1 m x 1 m, com o seu peitoril a 0,95m, teriam caixilho e veneziana trabalhando externamente em forma de guilhotina, prevendo a saída de ar junto ao forro em todos os cômodos. As portas foram definidas em cedro, com folhas de 0,75 m x 1,95 m, sem pintura, apenas enceradas.

Os modelos apresentados junto ao programma a título de esclarecimento, suggeriram, para as casas, a adopção do seguinte systema, aliás, muito em vogo: quartos em communição directa para a sala commum, afim de evitar “espaço perdido”. Ora, tal solução, aparentemente razoavel, resulta na pratica, por vezes, inconvenientíssima — no presente caso, por exemplo. Para nos certificarmos disto, bastará attentar no seguinte: 1º- a sala para a qual se abrem directamente tantas portas é de pequenas dimensões; 2º- é a unica da casa; deverá servir, portanto, de sala de estar e jantar a um tempo; dahi se deduz que, além da impossibilidade de uma arrumação conveniente das peças, toda e qualquer intenção de socego — já não diremos aconchego — se acharia de ante-mão compromettida pelo vae-vem da circulação obrigatoria, abertura de portas, ruídos, etc. O emprego, dentro do limite estrictamente necessário de um espaço interno para o “dégogement” dos quartos e banheiro, é, nestes casos, não apenas legitimo, mas indispensável ao conforto dos moradores — mesmo “operarios” — porquanto, longe de ser “perdido”, será, de todos, o mais “servido”, com a vantagem de restituir, além do mais, á sala comum — que, de outra fôrma, se teria transformado ella toda em corredor — a sua principal finalidade, ou seja: um lugar onde se possa estar, ao menos, tranquillamente. (COSTA, 1930-1939, p. 1)

As casas teriam a cobertura em uma água, o que foi pensado em concordância com a declividade das encostas. Foram propostos três tipos de moradias, seriam elas “A”, “B” e “C”, variando com relação ao número de quartos. Lúcio Costa também sugeriu, em seu memorial, um plano para incentivar os moradores à conservação da Vila Operária:

E, afim de estimular o interesse pela conservação — não pelo “enfeite” — das casas, seria curioso applicar-se a Monlevade o exemplo da S. K. F. na Suecia: todos os annos em dias não estabelecidos previamente, uma commissão examina as casas, conferindo como prêmio, ás melhor conservadas, dispensa do aluguel por prazo que varia de um a doze mezes.” (COSTA, 1930-1939, p. 2).



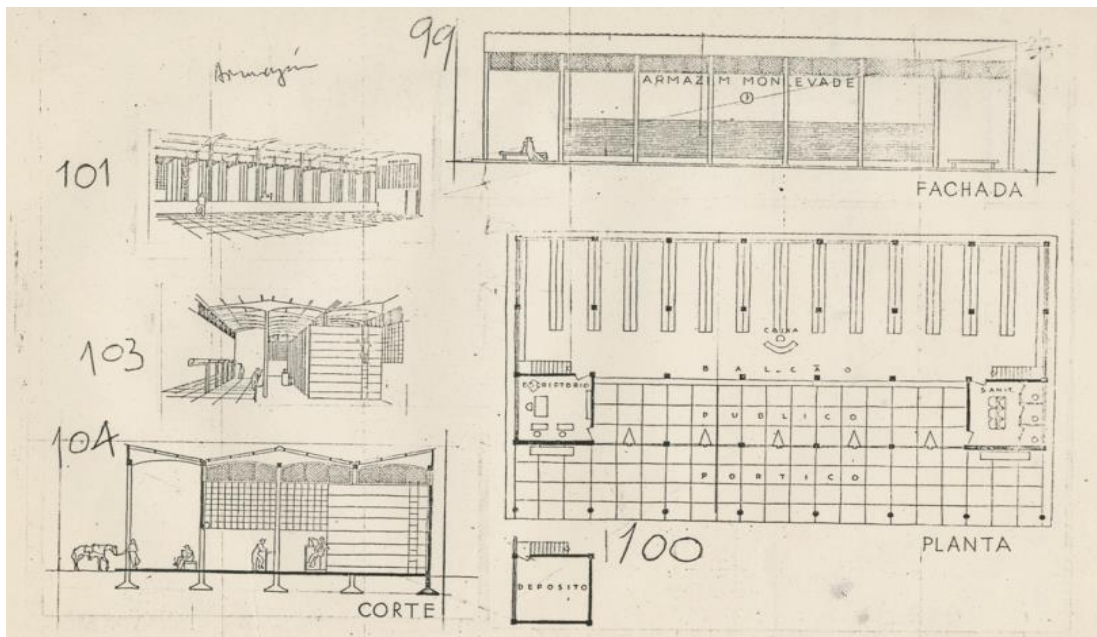
**Figura 4:** Planta baixa, cortes, Cobertura e Interiores das Casas

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

Segundo Lima (2003), a linguagem moderna ressoava na composição arquitetônica das habitações, pelo emprego de linhas retas, pelo estilo despojado de elementos decorativos e beirais reduzidos ao mínimo. No térreo, uma área coberta ajardinada, com tanque de serviço, permitia o acesso às residências. O primeiro pavimento era composto por cozinha, sala, banheiro e quartos. Estes últimos, definindo uma área íntima bem demarcada, inclusive com divisão por biombo sanfonado, isolando a circulação do tipo corredor. Na casa tipo “A” a ligação desta área íntima ficou restrita, permitindo acesso direto ao banheiro e aos quartos, sem a necessidade de corredor.

O Armazém teria bancos reproduzindo um clima agradável e aconchegante, no seu interior havia um balcão estendido, de um lado, haveria compartimentos para escritório e, no outro lado, sanitários. Logo atrás do balcão, foram colocadas prateleiras, se estendendo por todo o pé direito do armazém. O armazém também contava com um depósito. Na cobertura, Costa optou por um telhado em quatro águas, com calhas na longitudinal.



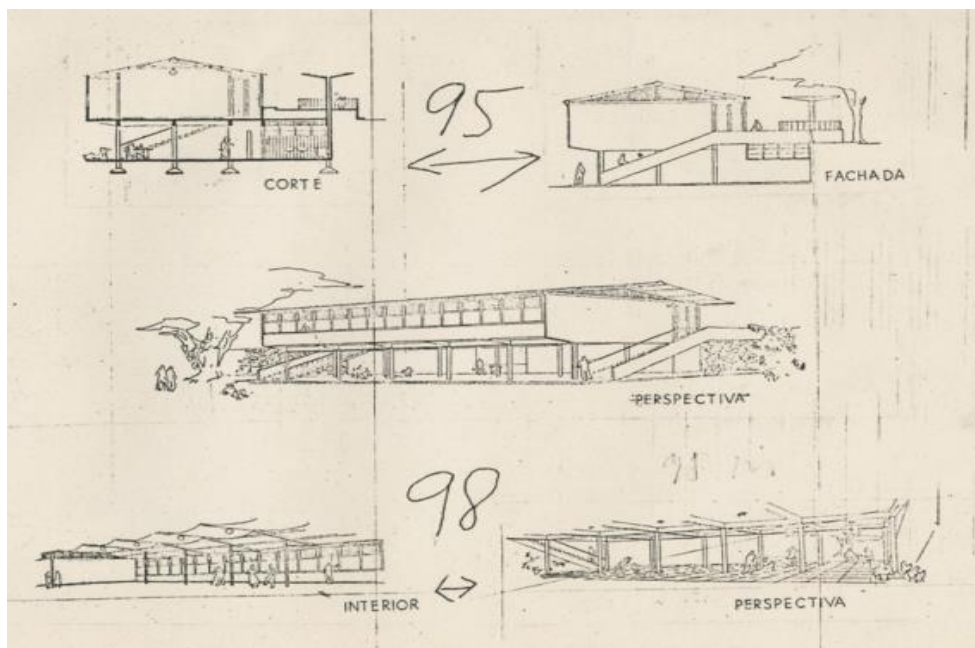
**Figura 5:** Fachada, Planta e Cortes do Armazém

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

O clube teve seu projeto em dois pavimentos. E, na parte superior, um espaço que podia ser usado como salão de festas. O salão teria extensas aberturas para a praça e também para o campo de esportes, demonstrando ser um espaço arejado e transparente, propício à entrada de luz: “Clube — venezianas fixas na parte superior dos vãos e caixilhos na parte inferior (guilhotina).” (COSTA, 1930-1939, p. 2)

Já no pavimento inferior do Clube, um outro salão era destinado às atividades de jogos e alimentação, contendo cozinha e balcões, além de vestiários e sanitários. Como referido antes, o Coreto foi deslocado da praça central e foi anexado na parte superior do clube. A cobertura foi composta em duas águas:

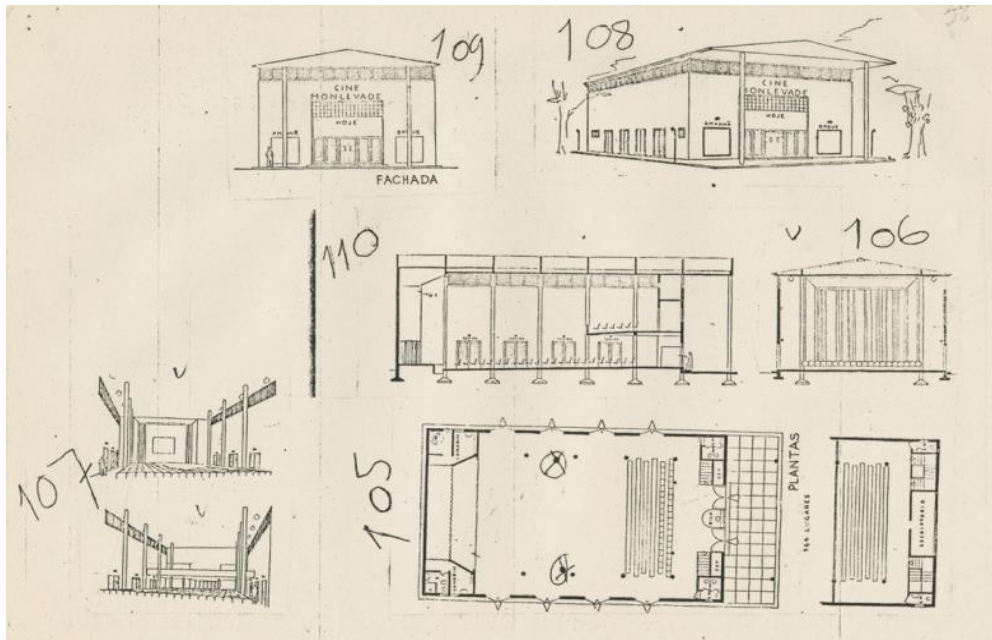
Coreto acha-se localizado de monteira a poder servir simultaneamente ao clube e à praça; o salão de festas seria todo caiado de branco, com os alisares pintados de azul, conservando-se os venezianas e caixilhos na côr natural do cedro, com acabamento apenas de óleo fervido. A ornamentação para festas seria feita com flores de papel, formando grandes festões pendurados ao teto, bandeirolas etc., procurando-se assim conservar aquêl charmê um tanto desajeitado, peculiar às festanças da roça” (COSTA, LÚCIO, 1930-1939, p. 2).

**Figura 6:** Corte, Fachada, Perspectivas e Interior do Club

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

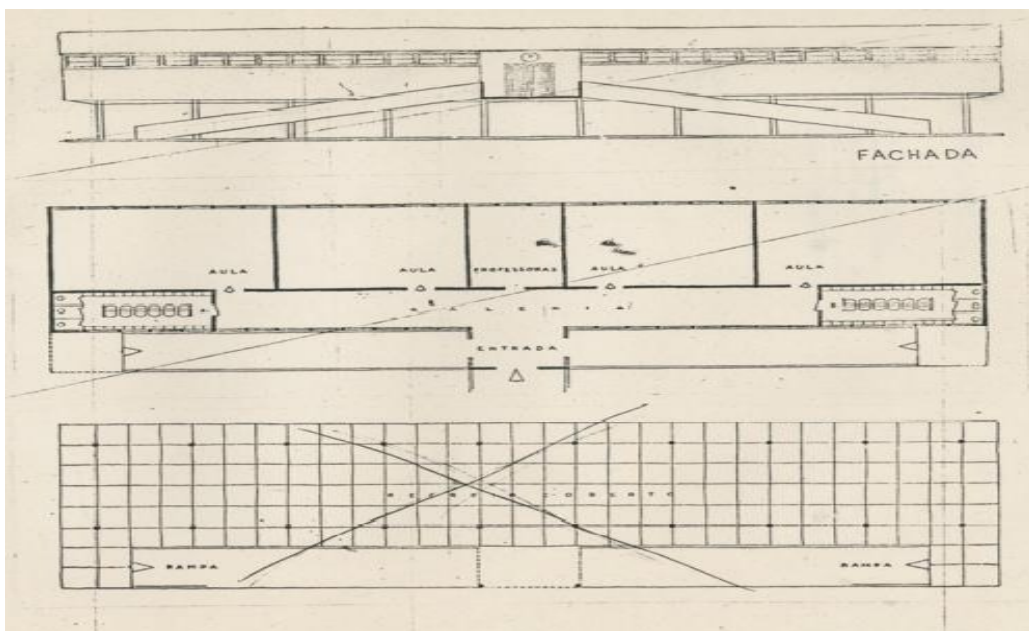
O cinema, arquitetado para abrigar 566 pessoas em bloco único, foi pensado para abrigar também outras atividades, como apresentações teatrais e afins. Estruturalmente, optou-se por pórtico em forma de marquise-foyer, conduzindo às entradas e seguindo até a bilheteria. Já na parte de dentro, na galeria, marcada por colunatas, induzindo a marcação dos espaços da plateia, havia também saídas nas laterais no sentido longitudinal.

A galeria contava ainda com um balcão, ampliando o número de espectadores, com camarins, um escritório e a cabine de projeção, além das instalações sanitárias. O projeto da cobertura ficou definido em duas águas. “Para os forros seria acoplado o seguinte critério: cinema e igreja – laje de concreto com espessura mínima e trabalhada à face inferior das vigas.” (COSTA, 1930-1939, p. 2)

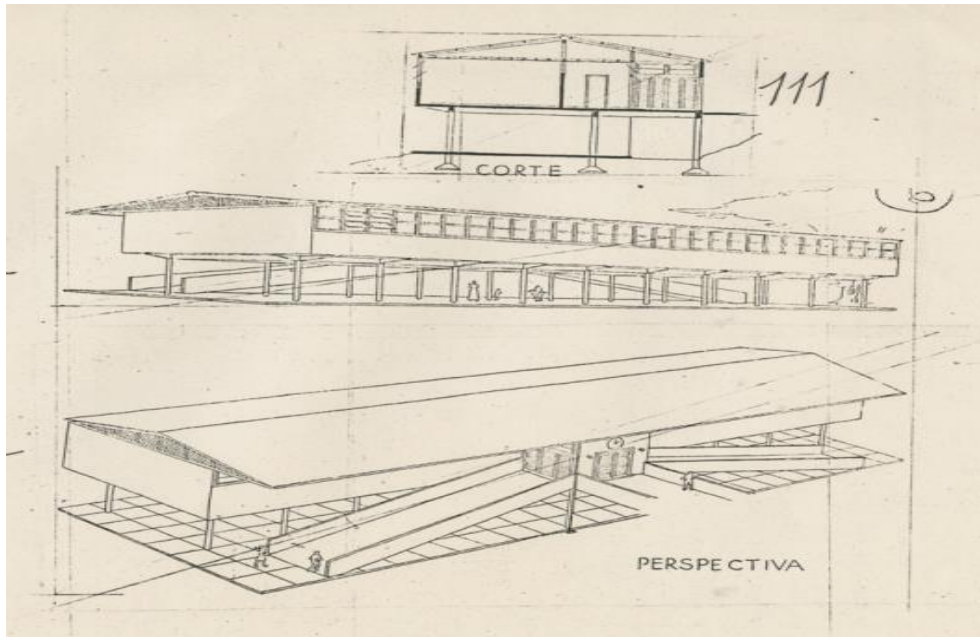
**Figura 7:** Fachada, Perspectiva, Cortes e Planta Baixa do Edifício do Cinema

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

A escola, assim como o clube, foi outro edifício pensado em dois pavimentos, na parte inferior com o uso dos pilotis, foi projetado um salão aberto, se tornando assim uma boa área para recreação, já a parte superior teria seu acesso por uma rampa direcionada à parte central do bloco. Foram distribuídas nesse pavimento as salas de aula, a sala de professores e as instalações sanitárias. A cobertura foi projetada em duas águas.

**Figura 8:** Fachada, Planta Baixa e Cobertura do Edifício da Escola

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

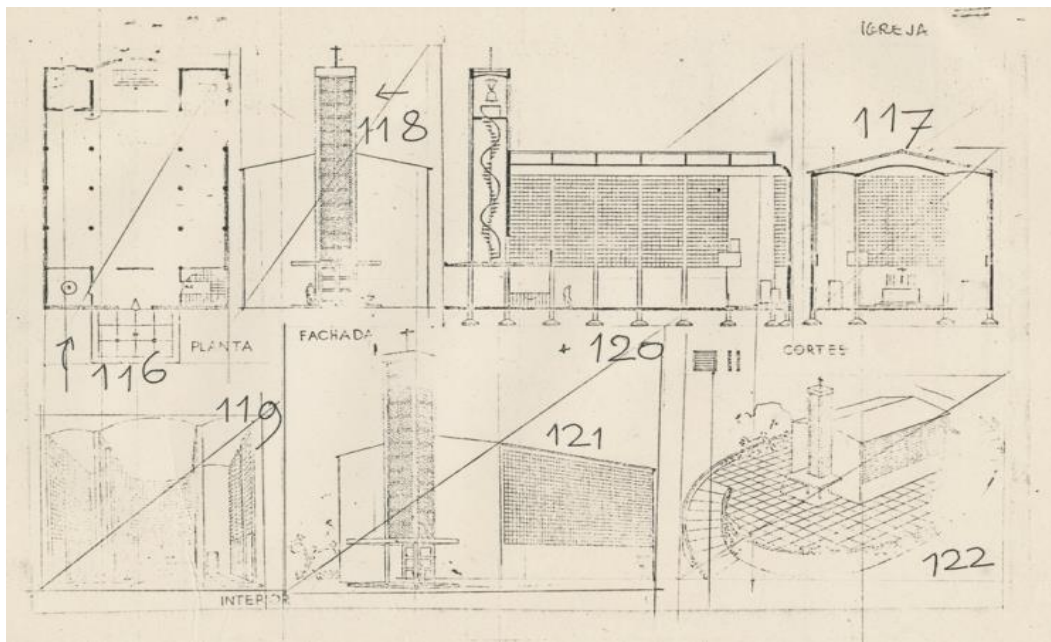
**Figura 9:** Corte, e Perspectiva do Edifício da Escola

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

A igreja, por fim, projetada no alto de uma montanha, foi construída em um platô elíptico, acessada por uma rampa. O projeto arquitetônico foi pretendido dessa forma: uma torre abrigando o sino, bem destaca na parte frontal, logo acima da entrada ao bloco onde foram instaladas a galeria para os frequentadores. A galeria contava com um batistério local específico para a realização do batismo. A cobertura, também projetada em duas águas, era vazada lateralmente e nos fundos.

Na igreja taes vidros poderiam ser de côr azul para fazer constate com as paredes caiadas de branco, contribuindo, além disso, para crear uma certa atmosphaera de recolhimento — aconselhavel, ao que parece, nesse genero de edificios. Excluídas as venezianas, todos os demais caixilhos destinados á ventilação, seriam tratados à maneira das janellas de “rotula” tão commum nas antigas casas da região. (COSTA, 1930-1939, p. 2)



**Figura 10:** Planta Baixa, Fachada, Corte e Perspectivas do Edifício da Igreja

**Fonte:** Instituto Antônio Carlos Jobim, 2020.

## 7. CONCLUSÃO

Embora o anteprojeto de Lúcio Costa não tenha conquistado a primeira colocação no concurso e nem sequer tenha sido posto em prática, as ideias e proposições nele apresentadas guardam uma relevância histórica e cultural incontestável. Costa pode ter deixado escapar alguns requisitos do edital, mas foi neste projeto que esboçou algumas de suas primeiras propostas modernistas.

Em todo o projeto, ressaltou e abordou propostas paisagísticas e que atualmente poderíamos considerar de pouco impacto ambiental. Como afirma Sophia Telles:

No memorial do projeto para Monlevade, Lúcio acentua o desejo de obter um contraste da ordem construída com a vegetação imprevista, conservando, porém, a feição despreocupada dos arruamentos e calçadas (...) pois o tratamento rústico dado ao paisagismo tem por função dissolver o caráter marcadamente urbano de seus espaços. (SOPHIA TELLES, apud WISNIK, 2001, pág. 28).

Proposições como a de manter a vegetação local, utilização de barro armado, o emprego da taipa e a sugestão de cair as paredes, evitando assim tintas industriais, explicitam, dessa forma, seu empenho em buscar formas construtivas criativas e originais, cuja atualidade perdura até os dias de hoje.

Costa também se preocupou com o bem-estar dos trabalhadores. O anteprojeto posicionava estrategicamente as habitações, buscando um afastamento entre elas, a fim de evitar ruídos. A linha de ferro seria circundada por uma cerca ecológica de plantação de bambus, com a finalidade de evitar poeira e também ruídos. O memorial contava ainda com a proposta de criação de uma horta comunitária gerenciada e cultivada pelos próprios moradores.

Neste memorial de anteprojeto encontramos registrado características estilísticas do trabalho de Lúcio Costa, demonstrando que, nesse período, ele já se inspirava nos trabalhos do arquiteto modernista Le Corbusier, influência que ele mesmo elabora em seu texto “Razões da nova arquitetura” publicado em 1930, quatro anos antes do anteprojeto da Vila Operária:

De todas as artes é, todavia, a arquitetura — em razão do sentido eminentemente utilitário e social que ela tem — a única que, mesmo naqueles períodos de afrouxamento, não se pode permitir — senão de forma muito particular — impulsos individualísticos. Personalidade, em tal matéria, se não é propriamente um defeito, deixa, em todo caso, de ser recomendação. Preenchidas as exigências de ordem social, técnica e plástica a que, necessariamente, se tem de cingir, as oportunidades de evasão se apresentam bastante restritas; e se, em determinadas épocas, certos arquitetos de gênio revelam-se aos contemporâneos desconcertantemente originais (Brunellesco no começo do século XV, atualmente, Le Corbusier), isto apenas significa que neles se concentram em um dado instante preciso — cristalizando-se de maneira clara e definitiva em suas obras — as possibilidades, até então sem rumo, de uma nova arquitetura. (COSTA, 1930, p. 7)

Evidencia-se, assim, sua busca por uma nova arquitetura e sua admiração pelo arquiteto estrangeiro, com o qual, anos mais tarde, iria desenvolver com sua consultoria o projeto de um dos edifícios modernistas mais importantes do país, o edifício do Ministério da Educação e Saúde Pública (MESP).

No final do concurso, o engenheiro Lincoln de Campos Continentino, juntamente com sua equipe técnica, ficou com o primeiro lugar. A implementação urbanística do projeto ficou a cargo do engenheiro belga Louis Jacques Enschedé, que aproveitou parcialmente as proposições técnicas da equipe e, no geral, a organização da proposta do engenheiro Continentino, como se evidencia pelas estruturas urbanas da Vila Operária que permanecem nos dias atuais.

A Vila Operária ainda se mantém através dos edifícios como a escola, cinema e o armazém, que são geridos pelo programa de preservação histórica da ArcelorMittal, que substituiu a Belgo-Mineira, e as casas dos operários e do corpo de técnicos da empresa

continuam habitadas por moradores. Algumas foram modificadas, mas a grande maioria ainda não. O hospital, ampliado ao longo dos anos, ainda mantém parte das suas características originais como foi verificado pelos os autores em visita de campo.

Entendemos que a Vila Operária proposta por Lúcio Costa, assim como o projeto que foi efetivamente executado, tem seu valor e relevância histórico-cultural, como demonstra as autoras do trabalho “Valor e preservação do patrimônio cultural da industrialização: Vila Operária de João Monlevade/MG”, devendo, pois, ser objeto de novos e mais aprofundados estudos bem como de ações de preservação e valorização patrimonial. Como afirmam os autores do texto “Vilas Operárias do Quadrilátero Ferrífero: registros em desaparecimento” houveram algumas iniciativas no sentido de promover a preservação, levando algumas casas a serem inventariadas pelo ICMS cultural, mas “nenhuma possui tombamento individual ou qualquer incentivo a sua preservação” (FREITAS, ANIELLE *et al.*, 2018, p.10).

Embora a ArcelorMittal tenha cercado os edifícios e os mantenha fechados para evitar vandalismo ou algo afim, o livre acesso da população não está disponível no momento, podendo ser visitado apenas com pré-agendamento e com a apresentação formal de justificativas, como estudos acadêmico-científicos, matérias jornalísticas e afins.

Muitos moradores da cidade pouco ouviram falar nos edifícios, devido ao pouco valor histórico que lhes é atribuído pela população e pelas autoridades da cidade e do estado, mas entendemos que pesquisas como esta, poderão fomentar e aguçar a curiosidade da população e, quem sabe assim, poderemos pavimentar o caminho para a preservação deste patrimônio.

## REFERÊNCIAS

FREITAS, ANIELLE *et al.* *Vilas operárias do quadrilátero ferrífero: registros em desaparecimento*. 1º **Simpósio Científico ICOMOS Brasil**, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/eventosicomos/59570-vilas-operarias-do-quadrilatero-ferrifero--registros-em--desaparecimento/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

BRUAND, Yves. *Arquitetura Contemporânea no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 2005.

CAMPOS, Haroldo. *Uma poética da radicalidade*. In: ANDRADE, OSWALD DE. Pau-Brasil. São Paulo, Globo: Secretaria do Estado da Cultura, 1990.

COSTA, Lúcio. *Monlevade: cópias projeto, 1930-1939*. Instituto Antonio Carlos Jobim. Disponível em: <http://www.jobim.org/lucio/handle/2010.3/2972>. Acesso em: 09 jun. 2020.

CORREIA, T. D. B. *O modernismo e o núcleo fabril: o anteprojeto de Lúcio Costa para Monlevade*. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, Juiz de Fora, p. n. 14, p. 80-93, dez. 2003.

COSTA, Lúcio Costa. *Razões da nova arquitetura*. Publicado na **Revista da Diretoria de Engenharia da prefeitura do Distrito Federal**, nº 1, vol. III, janeiro de 1936.

DE SOUZA PAIVA, Carlos Magno; GONÇALVES, Aídio Júnior Mariano. *Valor e preservação do patrimônio cultural da industrialização: Vila Operária de João Monlevade/MG*. **Anais do Congresso Mineiro de Direito do Patrimônio Cultural**. (pág. 233 a 240), 2018. Disponível em: <https://www.geoline.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Anais.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2021.

FILHO, E. M. *Entre linhas e curvas: a teoria e a prática na obra de Zenon Lotufo*. São Paulo, 1979. 133. FRAZÃO, D. Biografia de Lúcio Costa. e biografia. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/lucio\\_costa/#:~:text=Biografia%20de%20L%C3%BAcio%20Costa,que%20o%20consagrou%20como%20urbanista.&text=Ainda%20em%201929%20conhece%20a,russo%20Brasileiro%20Gregori%20Warchavchik](https://www.ebiografia.com/lucio_costa/#:~:text=Biografia%20de%20L%C3%BAcio%20Costa,que%20o%20consagrou%20como%20urbanista.&text=Ainda%20em%201929%20conhece%20a,russo%20Brasileiro%20Gregori%20Warchavchik). Acesso em: 15 jun. 2020.

HOLANDA, T. D. *Diamantina foi influência para que o arquiteto e urbanista projetasse Brasília*. ESTADO de MINAS Gerais, postado em 05/04/2014 06:00 / atualizado em 05/04/2014 06:59. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/04/05/interna\\_gerais,515766/diamantina-foi-influencia-para-que-o-arquiteto-e-urbanista-projetasse-brasil.shtml#:~:text=A%20cidade%20da%20Regi%C3%A3o%20Central,Costa%20\(1902%20D1998\).&text=No%20livro%20Registr](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/04/05/interna_gerais,515766/diamantina-foi-influencia-para-que-o-arquiteto-e-urbanista-projetasse-brasil.shtml#:~:text=A%20cidade%20da%20Regi%C3%A3o%20Central,Costa%20(1902%20D1998).&text=No%20livro%20Registr). Acesso em: 20 jun. 2020.

INSTITUTO ANTONIO CARLOS JOBIM. *Monlevade: ante-projeto para vila operária*. Disponível em: <https://www.jobim.org/lucio/handle/2010.3/834>. Acesso em: 09 dez. 2021.

LIMA, F. J. M. D. *Cidade Operária de Monlevade: Novos Conceitos de Morar*. 3º **Seminário Docomomo Brasil**, sessão A, São Paulo, 11 de dez 1999. Disponível em: <https://docomomo.org.br/course/3-seminario-docomomo-brasil-sao-paulo/>. Acesso em: 05 jun. 2020.

LIMA, F. J. M. D. *Por uma Cidade Moderna: Ideários de Urbanismo em jogo no Concurso para Monlevade e nos projetos destacados da trajetória dos técnicos concorrentes (1931-1943)*. São Paulo. nov. 2003.

LIRA, J. T. C. D. *Localismo Crítico e Cosmopolitismo Arquitetônico*. **Docomomo Brasil**. São Paulo, 8-11 de dez. 1999. Disponível em: <https://docomomo.org.br/course/3-seminario-docomomo-brasil-sao-paulo/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LÚCIO Costa. *Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil*. Disponível em: <https://arquiteturaurbanismotodos.org.br/lucio-costa/>. Acesso em: 19 jun. 2020.

MINISTÉRIO da Educação e Saúde - MES. *In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras*. São Paulo: Itaú Cultural, 2020. Disponível em:



<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo3762/ministerio-da-educacao-e-saude-mes>.

Acesso em: 10 de jun. 2020.

PONTUAL, H. D. *Lucio Costa foi pioneiro da arquitetura modernista no país*. SENADO FEDERAL. Disponível em:

<http://www.senado.gov.br/noticias/especiais/brasilia50anos/not14.asp>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SANTOS, Maria. *Arquitetura moderna brasileira, dos pioneiros a Brasília (1925-1960)*, disponível em: [https://www.up.edu.br/davinci/3/304\\_arquitetura\\_moderna\\_brasileira.pdf](https://www.up.edu.br/davinci/3/304_arquitetura_moderna_brasileira.pdf). Acesso em: 10. jun. 2020

SILVA, F. R. A. *Paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: Potencial para o uso turístico para sua geologia e geomorfologia*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFMG, 2007, 43p. Disponível em: <https://www.ufmg.br/biblioteca/>. Acesso em 03 jun. 2020.

WISNIK, G. *Lúcio Costa*. São Paulo: Cosac Naify, 2001.



## Avaliação da formação dos compostos secundários durante o processo fermentativo de produção da cachaça

Bárbara Dias Machado<sup>1</sup>

Elaine Cristina da Conceição<sup>2</sup>

Thatiane Magalhães Teixeira<sup>3</sup>

Alan Rodrigues Teixeira Machado<sup>4</sup>

### RESUMO

A cachaça é um produto típico do Brasil que vem ganhando espaço no mercado. Ela é obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar e seu processo de produção pode ser resumido em: preparação dos insumos, extração do caldo, fermentação e destilação. Durante a fermentação alcoólica, são formados álcoois, dióxido de carbono e outros compostos secundários que são responsáveis pelo aroma e sabor dos destilados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a formação desses compostos durante o processo fermentativo realizado em uma fábrica de cachaça localizada em Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais. O processo foi acompanhado por 35 dias e a formação dos compostos orgânicos foi investigada em função do tempo. Além disso, foi observada a relação com os padrões estipulados pela legislação brasileira. Ao longo do estudo, foram obtidas variações significativas do produto final em alguns parâmetros, tais como: o aumento da acidez volátil e de ésteres totais e a redução dos álcoois superiores. Por outro lado, contaminantes orgânicos não foram registrados em quantidades significativas.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar. Cromatografia. Álcoois Superiores. Fermentação.

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. É pesquisadora do Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM), na área de alimentos e bebidas, MG, Brasil. E-mail: [barbaradias96@hotmail.com](mailto:barbaradias96@hotmail.com).

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. É pesquisadora e coordenadora no Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM), na área de alimentos e bebidas, MG, Brasil. E-mail: [elainecon2008@hotmail.com](mailto:elainecon2008@hotmail.com).

<sup>3</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, Campus Buritis. Pós-Graduada em Gestão e Auditoria de Sistemas da Qualidade pelo Centro Universitário Una. É analista de qualidade na Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG), MG, Brasil. E-mail: [thatianemteixeira@outlook.com](mailto:thatianemteixeira@outlook.com).

<sup>4</sup>Graduado em Química e Mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Atualmente é professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH e orientador permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UEMG, Unidade de Frutal, MG, Brasil. E-mail: [alanvisconde@gmail.com](mailto:alanvisconde@gmail.com).

## *Evaluation of formation of secondary compounds during the fermentation process of cachaça production*

### **ABSTRACT**

*Cachaça is a typical Brazilian product that has been gaining space on the market, it is obtained by the distillation of the fermented must from the sugarcane juice and its production process can be summarized in: preparation of the inputs, extraction of the juice, fermentation and distillation. During alcoholic fermentation, alcohols, carbon dioxide and other secondary compounds are formed that are responsible for the aroma and flavor of the distillates. The objective of the work was to evaluate the formation of these compounds during the fermentation process of a sugarcane liquor factory located in Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais, for 35 days, where the formation of these compounds was investigated according to time and related to the stipulated standards Brazilian law. Throughout the study, significant variations were obtained in the final product in some parameters, such as: the increase in volatile acidity and total esters and the reduction of higher alcohols. On the other hand, organic contaminants were not recorded in significant amounts.*

**Keywords:** *Sugarcane. Chromatography. Higher Alcohols. Fermentation.*

Artigo recebido em: 12/08/2021

Aceito em: 01/11/2021

## 1. INTRODUÇÃO

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil. Com graduação alcoólica entre 38 e 48 % (v/v) a 20 °C, essa bebida é obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares (BRASIL, 2005). A produção da cachaça pode ser resumida nas seguintes etapas: preparação dos insumos, extração do caldo, fermentação e destilação. Durante a fermentação alcoólica, os açúcares são transformados em álcoois e dióxido de carbono, sendo o álcool etílico um dos constituintes principais. Além desses compostos, há, normalmente, a formação de quantidades reduzidas de outras substâncias, que recebem a denominação de produtos secundários. São exemplos destes os ácidos carboxílicos, os ésteres, os aldeídos e os álcoois superiores (CARDOSO, 2013; CANUTO, 2013). Esses compostos são responsáveis pelo aroma e sabor dos destilados em geral, em especial os ésteres e aldeídos (SAERENS *et al.*, 2008; MARINHO, 2017).

As quantidades verificadas desses compostos variam muito de cachaça para cachaça, ultrapassando, em alguns casos, os níveis permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2005). Com isso, é evidente a necessidade de o produtor estar sempre atento ao processo de fabricação da aguardente, por meio da realização periódica de análises físico-químicas para cada lote produzido (MAIA; CAMPELO, 2006), uma vez que não se sabe ao certo qual é a relação entre o tempo de troca do pé de cuba (se trata da suspensão, no mosto, dos microrganismos usados na fermentação em uma concentração ideal) com a formação dos compostos secundários.

No Brasil, os padrões de identidade e qualidade da cachaça são indicados pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. As quantidades de compostos secundários totais devem estar entre 200 mg a 650 mg/100 ml de álcool anidro, sendo os limites máximos de 150 mg/100 ml de álcool anidro, 200 mg/100 ml de álcool anidro, 5 mg/100 ml de álcool anidro, 30 mg/100 ml de álcool anidro, 360 mg/100 ml de álcool anidro para acidez volátil em ácido acético, ésteres totais (expressos em acetato de etila), soma de furfural e hidroximetilfurfural, aldeídos totais (expressos em acetaldeído) e álcoois superiores, respectivamente.

Para os contaminantes orgânicos, os limites são de 20 mg/100 ml de álcool anidro de álcool metílico, 10 mg/100 ml de álcool anidro de álcool sec-butílico, 3 mg/100 ml de álcool anidro de álcool n-butílico, e a concentração da acroleína (2-propenal) não deve ser superior

a 5 mg/100 ml de álcool anidro. Além disso, o limite máximo do carbamato de etila é de 210 µg/L (BRASIL, 2005). Esse composto, pertencente ao grupo dos compostos orgânicos classificados como ésteres etílicos do ácido carbâmico ( $\text{CH}_3\text{NO}_2$ ), também é conhecido como uretana (SILVA *et al.*, 2020a). Outro ponto importante é que alguns compostos secundários representam um perigo para a saúde pública, como o metanol, que pode causar dor de cabeça e cegueira, e o carbamato de etila, que possui efeito carcinogênico (ANJOS *et al.*, 2011; JUNIOR, 2011; RIACHI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2020b).

Diante do exposto, fica clara a importância de conhecer as concentrações dos compostos secundários durante o processo de fabricação da cachaça. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a formação desses compostos durante o processo fermentativo realizado em uma fábrica de cachaça localizada em Bom Jesus do Amparo – Minas Gerais. Também é objetivo deste trabalho apresentar a investigação, realizada por um período de 35 dias, da relação do tempo com a formação desses compostos.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Coleta e amostragem**

Durante a produção de cachaça foram realizados dois processos de destilação para obtenção do produto final. Os destilados obtidos foram armazenados em uma única dorna. Para o processo de amostragem, às 07h00, nessa mesma dorna de armazenamento, 500 ml de cachaça foram coletados. Em seguida, as amostras foram armazenadas em garrafas transparentes lacradas e devidamente etiquetadas com a data da coleta e a identificação numérica de destilação, encaixotadas e enviadas para o Laboratório Amazile Biagioni Maia (LABM). No total, 35 amostras foram coletadas entre os meses de agosto e outubro de 2020. A primeira e a última amostras foram coletadas nos dias 29/08/2020 e 04/10/2020, respectivamente. Durante o período de coleta, ocorreram pausas na produção nos dias 09/09/2020 e 20/09/2020.

### **2.2 Determinação do teor alcólico**

Os teores alcoólicos aparente e real das amostras foram obtidos segundo metodologia de Brasil (2005). Para tanto, utilizou-se um alcoômetro digital SNAP-41 (Anton Paar) e,

para determinação do teor alcoólico real, as amostras foram destiladas em um micro destilador de álcool TE-250 (Tecnal).

### **2.3 Avaliação dos compostos secundários**

A quantificação dos compostos secundários foi realizada segundo a metodologia de Brasil (2005). Utilizou-se o método da curva analítica obtida em cromatógrafo gasoso GCROM Geração 8000 equipado com detector de ionização de chamas (CG-FID). A coluna cromatográfica utilizada foi Carbowax20M (30 m x 0,53 mm, 1,0 µm de diâmetro interno) da Ohio Valley (Marietta, OH, USA). A programação da rampa de temperatura do forno foi de 35 °C (3,0 min), 35-80 °C (5,0 °C/min), 80 °C (3 min), 80-165 °C (6,1 °C/min). As temperaturas do injetor e do detector foram de 140 e 180 °C, respectivamente. O volume de injeção foi 2 µL no modo split (1:1) e o gás de arraste utilizado foi o nitrogênio (6,0 ml/min).

### **2.4 Avaliação do carbamato de etila**

A quantificação do carbamato de etila foi realizada utilizando um cromatógrafo a gás Agilent 7820 A com detector de espectrometria de massas Agilent 5977E. A coluna cromatográfica utilizada foi uma HP-FFAP (50 m x 0,20 mm x 0,33 µm). Empregou-se a seguinte programação de temperatura para o forno: 90 °C (2 min) elevada a 10 °C/min até 150 °C e então elevada a 40 °C/min até 230 °C. A temperatura do injetor foi de 230 °C, com volume de injeção de 2,0 ml no modo Split, com razão (5:1) e utilizando como gás de arraste o hélio com fluxo de (1,5 ml/min).

### **2.5 Avaliação do carbamato de etila**

A acidez volátil obtida foi calculada pela diferença entre a acidez total e a acidez fixa, de acordo com a metodologia de Brasil (2005).

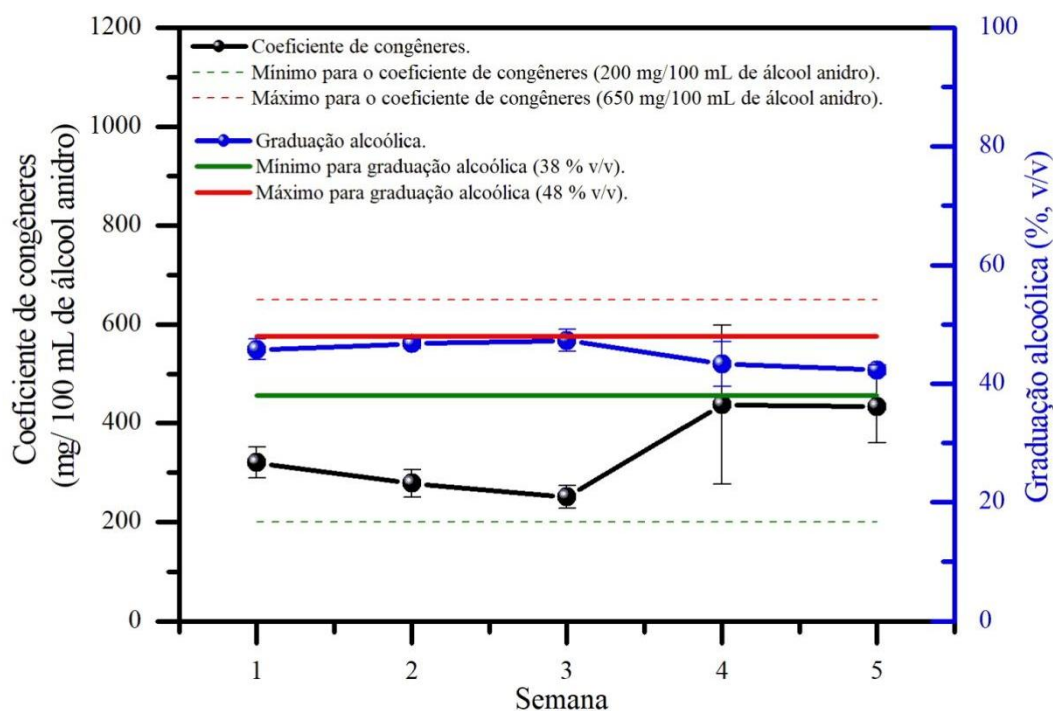
## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As trinta e cinco amostras foram analisadas nos parâmetros: grau alcoólico, acidez total, acidez volátil, aldeído acético, acetato de etila, álcool metílico, álcool sec-butílico, álcool n-propílico, álcool isobutílico, álcool n-butílico, álcool isoamílico, lactato de etila,

furfural, ésteres totais, álcoois superiores totais e coeficiente de congêneres (soma das concentrações dos seguintes compostos: acetaldeído, acetato de etila, álcool n-propílico, álcool isobutílico, álcoois isoamílicos, furfural e hidroximetilfurfural).

Optou-se por apresentar os resultados a partir do agrupamento das amostras em função das semanas das coletas, isto é, cinco grupos [semana 1 (amostras 1 a 7), semana 2 (amostras 8 a 14), semana 3 (amostras 15 a 21), semana 4 (amostras 22 a 28), e semana 5 (amostras 29 a 35)]. Em cada grupo, os resultados representam a média simples de cada parâmetro, realizada em triplicata. Esse agrupamento foi realizado devido à baixa variação dos resultados dos compostos durante o período de produção da cachaça. Observou-se que o grau alcoólico variou entre 42,30 e 47,30 % v/v, estando dentro dos limites mínimo e máximo estabelecidos pela legislação (Figura 1). Os resultados obtidos para os coeficientes congêneres e aldeídos totais também foram registrados na faixa estabelecida pela legislação (Figuras 1 e 2).

**Figura 1:** Graduação alcoólica e coeficiente de congêneres de amostras de cachaça coletadas durante cinco semanas\*



\*Os limites apresentados são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

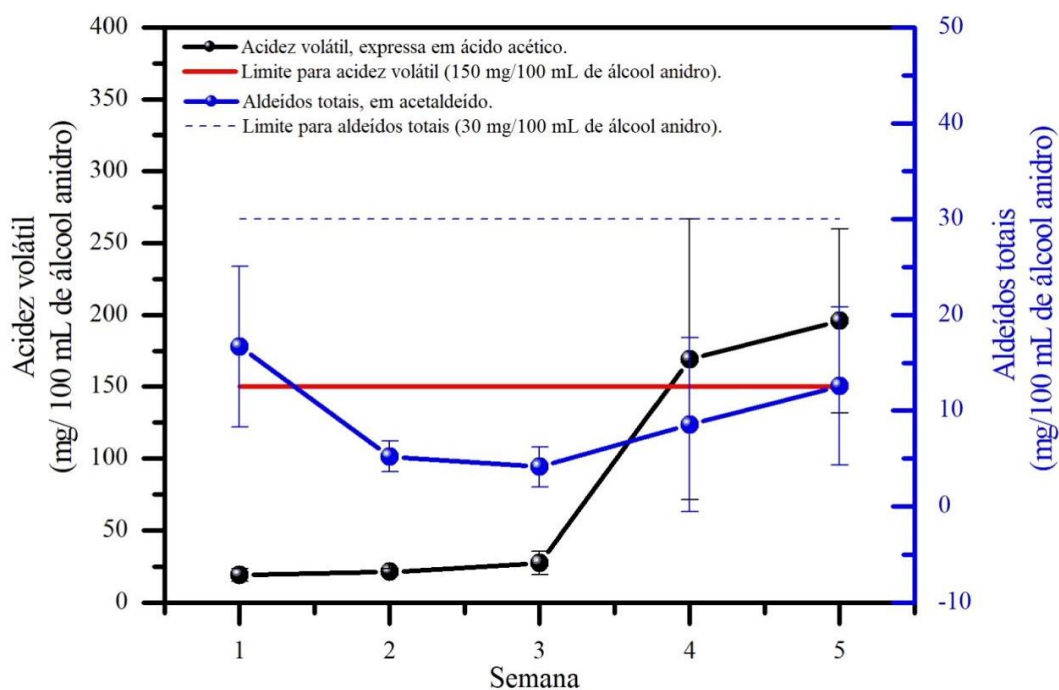
**Fonte:** Autoria própria.

Observou-se ainda um aumento considerável da acidez volátil na cachaça (Figura 2). Na semana 1, a média dos resultados da acidez foi de 19,07 mg/100 ml de álcool anidro, e nas semanas 4 e 5 os valores médios foram de 169,06 e 195,73 mg/100 ml de álcool anidro,



respectivamente. Esses resultados estão acima do máximo permitido pela legislação (150 mg/100 ml de álcool anidro). A acidez volátil elevada é geralmente atribuída à contaminação do mosto por bactérias lácticas e acéticas ou pelas próprias leveduras, que produzem o ácido acético (CARDOSO, 2013). As bactérias acéticas causam a oxidação do acetaldeído em ácido acético. Por isso, é registrado o aumento da acidez volátil. Já as bactérias lácticas causam um efeito de oxidação parcial dos açúcares em ácido láctico, contribuindo, também, para o aumento da acidez volátil (MARINHO, 2017). Deve-se ainda destacar que a assepsia inadequada das dornas e a variações das condições de fermentação também contribuem para a acidez elevada (SILVA *et al.*, 2014).

**Figura 2:** Acidez volátil e aldeídos totais nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*



\*Os limites apresentados são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

**Fonte:** Autoria própria.

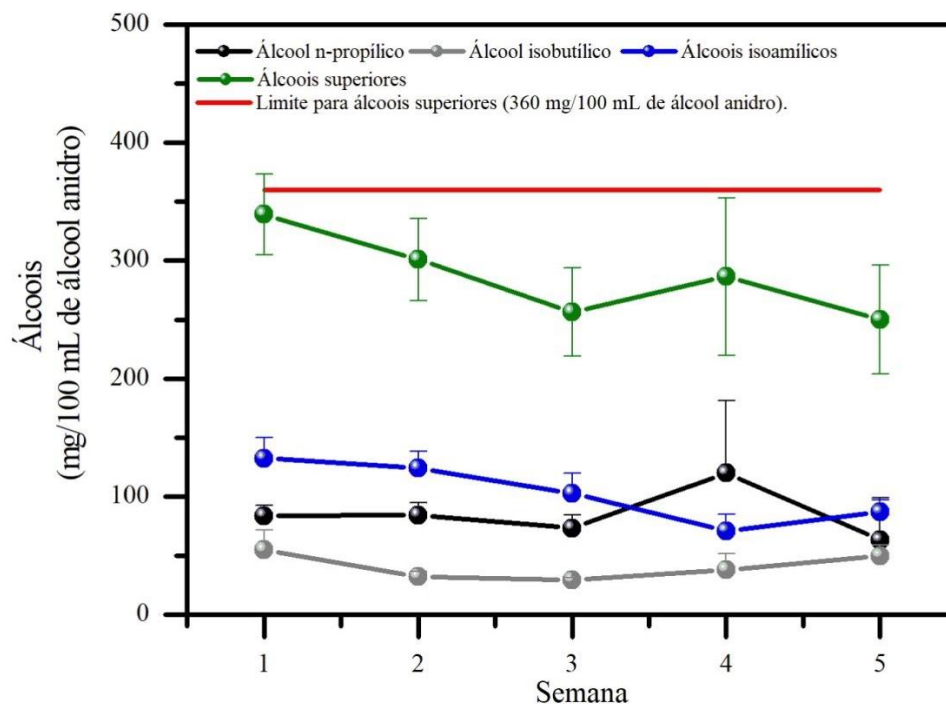
Neste sentido, deve-se lembrar que durante a safra ocorreram pausas quinzenais, registradas nos dias 09/09/2020 (semana 2) e 20/09/2020 (semana 4). Observou-se que a acidez volátil mensurada na semana 2 apresentou média próxima aos valores encontrados para semana 1 e semana 3, porém, na semana 4, o valor registrado foi elevado. A partir disso, formula-se a hipótese de que a diminuição da viabilidade celular do inóculo na segunda pausa contribuiu para o aumento da acidez. Deve-se destacar ainda o maior tempo de permanência do vinho dentro da dorna de fermentação, isto é, o contato com as leveduras propicia a intoxicação delas e, provavelmente, favoreceu a contaminação por bactérias



acéticas, uma vez que essas são extremamente sensíveis a variações de condições do processo (PEREIRA *et al.*, 2003).

Por isso, o monitoramento da acidez é necessário, pois os ácidos formados têm um efeito inibitório sobre as leveduras. O ácido acético, por exemplo, pode atravessar a membrana celular e provocar um aumento da quantidade de adenosina trifosfato (ATP) necessária para manutenção da função celular (MAIA e CAMPELO, 2006; CARVALHO 2011). Segundo CARDOSO (2006), a alta concentração de ácido acético faz com que a fermentação alcoólica se torne acética, aumentando a acidez e diminuindo o rendimento da produção de etanol. TARGINO (2009) realizou um estudo comparando a influência das variedades de cana-de-açúcar e dos fermentos e obteve resultados para acidez volátil que variaram de 18,51 a 144,23 mg/100 ml de álcool anidro. Já PELLEZZ *et al.* (2017) compararam amostras de cachaça produzidas no Mato Grosso e encontraram resultados entre 13,58 a 329,07 mg/100 ml de álcool anidro.

**Figura 3:** Concentrações de álcoois nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*



\*O limite apresentado é estabelecido pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

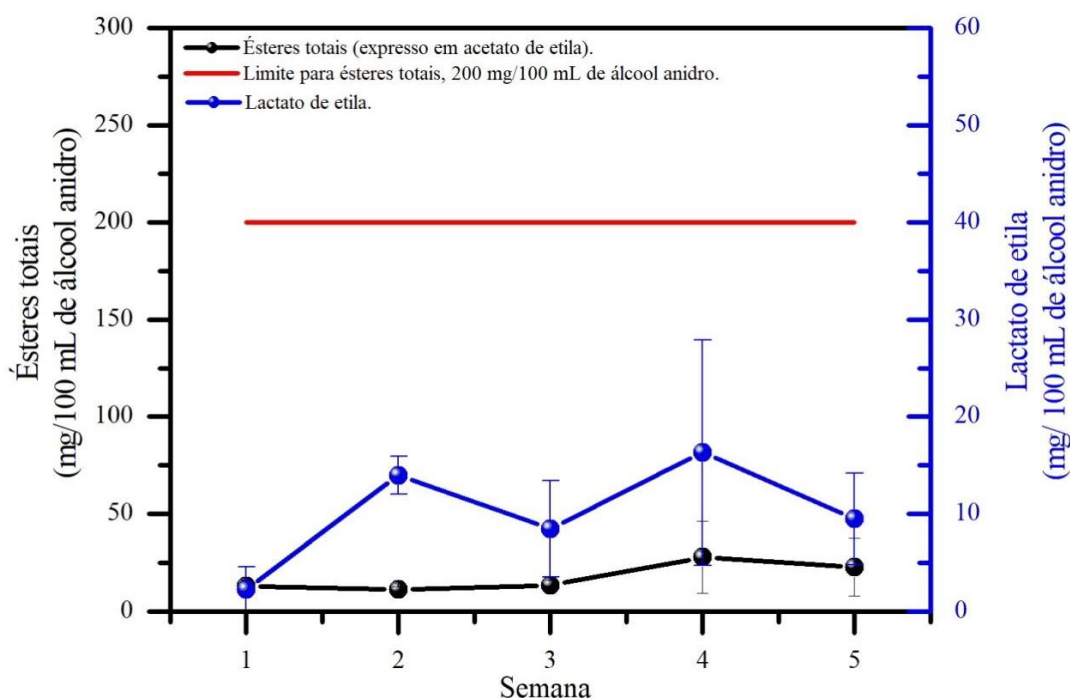
Fonte: Autoria própria.

Os álcoois superiores totais são formados pelo n-propanol (álcool n-propílico), isobutanol (álcool isobutílico) e iso-pentanol (álcool isoamílico). Os resultados registrados atendem à legislação vigente, sendo o limite máximo estabelecido de 360 mg/100 ml de

álcool anidro (Figura 3). Observou-se também que, na semana 1, houve uma formação em maior concentração desses compostos e, nas semanas posteriores, ocorreu uma redução. Segundo Marinho (2017), é comum que a cachaça apresente teores de álcoois superiores mais elevados no início da safra e que ocorra um abaixamento espontâneo com o passar das semanas. Isso porque o produto resultante da ação das leveduras age sobre a matéria-prima natural (cana), a qual reage a diversos fatores de difícil padronização e controle.

Os compostos voláteis avaliados também foram registrados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Vale destacar que a média para os ésteres totais, na semana 4, foi superior àquelas registradas para as outras semanas (Figura 4). Além disso, um comportamento análogo foi registrado para o lactato de etila. É sabido que a presença de bactérias acéticas e lácticas favorecem a formação dos ácidos (acético e láctico), conseqüentemente, promovem a formação de ésteres. Pellenz *et al.* (2017) também observaram, em amostras de cachaças, uma relação proporcional entre acidez volátil e ésteres.

**Figura 4:** Concentrações de álcoois nas amostras de cachaça coletadas durante o período de produção de cinco semanas\*



\*O limite apresentado é estabelecido pela Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005

**Fonte:** Autoria própria.

Por fim, observou-se também que as concentrações obtidas pela soma das concentrações dos compostos furfural e hidroximetilfurfural foram menores que 1,30

mg/100 ml de álcool anidro em todas as amostras avaliadas. Além disso, não houve formação dos álcoois metílico, sec-butílico, n-butílico e carbamato de etila (Tabela 1). Esses compostos voláteis (Tabela 1) são prejudiciais à saúde e são considerados contaminantes orgânicos e indesejáveis na cachaça (MARINHO, 2017).

**Tabela 1:** Concentrações para os contaminantes orgânicos e indesejáveis na cachaça

Semanas	1	2	3	4	5
Álcool metílico (mg/100 mL de álcool anidro)	< 3,20	< 3,20	< 3,20	< 3,20	< 3,20
Álcool sec-butílico (mg/100 mL de álcool anidro)	< 1,70	< 1,70	< 1,70	< 1,70	< 1,70
Álcool n-butílico (mg/100 mL de álcool anidro)	1,36 ± 0,65	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90
Carbamato de etila (µg/L)	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00	< 50,00

**Fonte:** Autoria própria.

#### 4. CONCLUSÃO

As amostras analisadas atendem aos padrões de identidade e qualidade da legislação vigente para cachaça, exceto no parâmetro acidez volátil (semanas 4 e 5). Entretanto, o produtor armazena toda a produção da safra em um tanque com volume útil de 15.000 L. Dessa forma, considerando que nas três primeiras semanas a concentração de acidez foi baixa, a média da acidez volátil para as cinco semanas avaliadas é igual a 86,52 mg/100 mL de álcool anidro, valor abaixo do limite máximo permitido pela legislação. Contudo, torna-se indispensável o monitoramento da acidez volátil da safra. Conclui-se também que a formação dos compostos secundários em relação ao tempo sofreu variações em alguns parâmetros, tais como a acidez volátil, o aumento dos ésteres e a diminuição da concentração dos álcoois superiores.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório Amazil e Biagioni Maia (LABM) por todo apoio, incentivo da equipe e por ceder a estrutura para a realização das análises. Agradecemos também a Gilberto Pereira (Cachaça Sagrada) por todas as informações prestadas e por disponibilizar as amostras que foram primordiais para o desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, J. P. DOS, CARDOSO, M. DAS G., SACZK, A. A., ZACARONI, L. M., SANTIAGO, W. D., DÓREA, H. S., MACHADO, A. M. DE R. *Identificação do carbamato de etila durante o armazenamento da cachaça em tonel de carvalho (quercus sp) e recipiente de vidro. Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 874-878, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa n° 13 de 29 de junho de 2005, MAPA*. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de junho de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa n° 24 de 08 de setembro de 2005, MAPA*. Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 de setembro de 2005.

CANUTO, M.H. *Influência de alguns parâmetros na produção de cachaça: linhagem de levedura, temperatura de fermentação e corte do destilado*. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: Brasil, 2013.

CARDOSO, D. C. *Correlação entre a qualidade sensorial e a composição química da cachaça de alambique nova*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto: Brasil, 2013.

CARDOSO, M. das G. *Produção de Aguardente de Cana*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 444 p.

CARVALHO, B. T. de. *Fermentação consorciada leveduras/bactérias lácticas aplicada à produção de cachaça como possibilidade de melhoria do padrão de qualidade*. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto: Brasil, 2011.

MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A. P. *Tecnologia da cachaça de alambique*. Belo Horizonte: SEBRAE/MG, SINDBEBIDAS, 2006. 129 p.

MARINHO, L.O.S. *Influência do alambique guilhotina em componentes voláteis da cachaça*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: Brasil, 2017.

PEREIRA, N. E.; CARDOSO, M. G.; AZEVEDO, S. M.; MORAIS, A. R.; FERNANDES, W.. AGUIAR, P. M. *Compostos Secundários em Cachaças Produzidas no Estado de Minas Gerais*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

PELLENZ, J. M.; LIMA, M. O.; WOBETO, C.; ANDRADE, R. L. T. *Avaliação da qualidade de cachaças produzidas na região norte de Mato Grosso*. **Scientific Electronic Archives**, v. 10. n. 1, p. 20-29, 2017.

RIACHI, L. G.; SANTOS, Â.; MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. *A review of ethyl carbamate and polycyclic aromatic hydrocarbon contamination risk in cachaça and other Brazilian sugarcane spirits*. **Food Chemistry**, v. 149, p. 159–169, 2014.

SAERENS, S. M.; DELVAUX, F.; VERSTREPEN, K. J.; VAN DIJCK, P.; THEVELEIN, J. M.; DELVAUX, F. R. *Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, n. 2, p. 454-61, 2008.

SILVA, F. L.; PERES, N. R. DE A.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; DOURADO, K. K. F. *Diagnóstico da produção de cachaça no município de Paracatu*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 201-207, 20148

SILVA, J. H. N.; BERNARDI, M. R. V.; MEDEIROS, S. D. S.; OLIVEIRA, A. L. *Monitoring the content of ethyl carbamate and copper in organic and conventional cachaça*. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 5, e20190027, 2020a.

SILVA, J. H. N.; BERNARDI, M. R. V.; OLIVEIRA, A. L. *Cachaça production in Brazil and its main contaminant (ethyl carbamate)*. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, e20180135, 2020b.

TARGINO, B. N. *Influência da variedade de cana-de-açúcar e do tipo de fermento na qualidade da cachaça de alambique*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Ciência de Alimentos; Tecnologia de Alimentos; Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: Brasil, 2009.



## Índice de Potencialidade Socioeconômica e Produtiva da atividade pesqueira marinha e estuarina na região Norte e Sul de São Paulo (IPSP-Norte & Sul)

Eliza Rocha Morêto<sup>1</sup>

Rodrigo Randow de Freitas<sup>2</sup>

Mayra Jankowsky<sup>3</sup>

### RESUMO

Este estudo objetiva analisar a potencialidade socioeconômica, produtiva e ambiental das comunidades pesqueiras dos municípios do litoral norte e sul do estado de São Paulo, com o intuito de hierarquizá-los quanto ao seu potencial desenvolvimento perante a atividade, quando comparados entre si. Para tal, recorreu-se a entrevistas com especialistas, Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), agrupamento hierárquico por similaridade (*cluster*) e escalonamento multidimensional não paramétrico (MDS) empregando o software Primer e, por fim, a matriz SWOT. Devido à importância que os especialistas deram aos subíndices produtivo e econômico, ao se realizarem as análises dos municípios em conjunto, constatou-se que São Sebastião foi o município que apresentou maior potencialidade e Ilha Comprida, a menor. Dentre os municípios estudados, São Sebastião e Ilha Bela possuem maior similaridade. Conclui-se que, dada a importância do setor pesqueiro, é crucial que haja melhorias, valorização e subsídios do poder público na cadeia produtiva do pescado.

**Palavras-chave:** Atividade Pesqueira. São Paulo. Potencialidade. AHP. Primer. SWOT.

---

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, ES, Brasil. E-mail: [moretoeliza@gmail.com](mailto:moretoeliza@gmail.com).

<sup>2</sup>Graduado em Administração de Empresas pela Faculdade de Ciências Humanas de Vitória – FAVIX. Mestre em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal de Rio Grande – FURG. Atualmente é professor adjunto no curso de Engenharia de Produção da UFES, Campus São Mateus, ES, Brasil. E-mail: [rodrigo.r.freitas@ufes.br](mailto:rodrigo.r.freitas@ufes.br).

<sup>3</sup>Graduada em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Humana e atualmente é Pós-Doutoranda no Instituto de Pesca – IP, colaborando com o Projeto de Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira e Aquícola na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES), Brasil. E-mail: [mayra.jankowsky@gmail.com](mailto:mayra.jankowsky@gmail.com).

## ***Socioeconomic and Productive Potentiality Index of marine and estuarine fishing activity in the North and Southern São Paulo region (IPSP-North & Southern)***

### **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the socioeconomic, productive and environmental potential of the fishing communities in the municipalities of the northern and southern coast of the state of São Paulo, in order to rank them regarding their potential development in relation to the activity, when compared to each other. For this, interviews with specialists were used, using the Analytic Hierarchy Process Method (AHP), the hierarchical grouping by similarity (cluster) and non-parametric multidimensional scaling (MDS) using the Primer software and finally the SWOT matrices. Due to the importance that specialists gave to the productive and economic sub-indices, when carrying out the analyzes of the municipalities together, it was found that São Sebastião was the municipality that presented the greatest potential and Ilha Comprida the smallest and among the studied municipalities, São Sebastião and Ilha Bela have greater similarity between them. In conclusion, because the fishing sector is so important, it is crucial that there are improvements, valuation and subsidies from the public authorities with them.*

**Keywords:** Fishing activity. Sao Paulo. Potentiality. AHP. Primer. SWOT.

Artigo recebido em: 13/09/2021

Aceito em: 07/12/2021



## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, a pesca tem um papel importantíssimo, tanto na alimentação quanto na geração de trabalho e valores, visto que envolve toda uma organização socioeconômica e cultural (ISAAC *et al.*, 2006). Atualmente, na cadeia produtiva do pescado, existem dois setores distintos, sendo eles: a pesca por captura, cuja produção consiste na extração de recursos pesqueiros do ambiente natural (SANTO e CAMARA, 2002); e a aquicultura, que é o cultivo de organismos aquáticos em ambientes confinados e controlados (EMBRAPA, 2014).

A atividade pesqueira pode ser classificada como: amadora, a qual, por sua vez, tem a finalidade turística e de lazer (BRASIL, 2012); artesanal, que engloba tanto a parte comercial, e de pequena escala, subsistência, propriamente para o consumo doméstico; e a industrial, que é de grande porte com fins comerciais (BRASIL, 2019). É importante ainda salientar que a pesca pode advir de alto mar, ecossistemas costeiros ou águas interiores (DIAS-NETO; DORNELLES, 1996).

Segundo a FAO (2016), em 2014 a produção mundial de pescado foi de 167 milhões de toneladas, das quais 47,19% foram oriundas da aquicultura. Em 2016, a pesca por captura atingiu o marco de 90,9 milhões de toneladas e a aquicultura foi de 80 milhões, tendo um aumento na produção mundial de 2014 para 2016 de 2,33% (FAO, 2018).

O Brasil está entre os 13 maiores produtores mundiais de pescado provenientes da aquicultura (FAO, 2018), com uma produção de 722.560 toneladas em 2018 (PEIXE BR, 2019), tornando-se o principal produtor da América do Sul (FAO, 2018). Segundo o Ministério da Economia (2018), o Brasil exportou 32.417 toneladas de peixes congelados, frescos e refrigerados em 2018, gerando uma receita de US\$ 136 milhões. A atividade pesqueira no país possui um grande potencial de crescimento, devido à quantidade de recursos hídricos, às dimensões continentais, ao clima propício e ao empreendedorismo dos produtores (BRASIL, 2019). Estima-se que, até 2025, o país deve registrar um aumento de 104% na pesca e aquicultura em relação aos dados de produção de 2017 (FAO, 2018).

Especificamente, o estado de São Paulo possui um dos polos mais eficientes do território nacional para produção de peixes (INSTITUTO DE PESCA, 2019a), ocupando o 2º lugar no ranking de maior produtor do país, com 73.200 toneladas ao ano. Essa eficiência está relacionada a políticas públicas de fomento, aplicação de tecnologias e incentivos a pequenos e médios produtores. (PEIXE BR, 2019). Apesar de ser um dos mais eficientes,

ainda existem muitos problemas relacionados ao meio ambiente, gestão dos recursos pesqueiros, embarcações mal dimensionadas, antigas e falta de fiscalização (EMBRAPA, 2015).

Conforme o exposto, a atividade pesqueira tem notável importância social e econômica para as comunidades que a pratica, visto que gera alimento e renda e é considerada a principal fonte de recursos para inúmeras famílias (ABDALLAH; BACHA, 1999). Assim, analisar as potencialidades do setor pode vir a contribuir em muito para a região, estado e país.

Nesse contexto, dentre os métodos de tomada de decisão com multicritérios, Briozo e Musetti (2015) destacam o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), principalmente pela facilidade, estruturação e aplicação. O AHP foi desenvolvido por Thomas Lorie Saaty na década de 70 para hierarquização das alternativas utilizando a comparação par a par. O método auxilia na escolha, priorização ou na avaliação e pode ser aplicado em conjunto com outras ferramentas (AGUIAR; SALOMON, 2007).

Assim, ao se analisar as potencialidades do setor nos municípios do litoral norte e sul de São Paulo, esse estudo visa contribuir com a atividade pesqueira na região, diagnosticando suas capacidades e vulnerabilidades, com o auxílio de um método de tomada de decisão, níveis de maior ou menor potencial de desenvolvimento municipal, fatores importantes a serem trabalhados para melhor desenvolver o setor da pesca nas comunidades pesquisadas e uma comparação com as demais regiões. Nesse sentido, este estudo objetiva analisar a potencialidade socioeconômica, produtiva e ambiental das comunidades pesqueiras dos municípios situados na região litoral norte e sul do estado de São Paulo, com o intuito de hierarquizar tais municípios quanto ao seu potencial desenvolvimento em relação à atividade, quando comparados entre si.

## **2. METODOLOGIA**

O estado de São Paulo tem um litoral de aproximadamente 622 km de extensão banhados pelo oceano Atlântico, possuindo em seu território três regiões hidrográficas: Atlântico Sudeste, Sul e Paraná, sendo elas divididas em três áreas: litoral sul, baixada santista e norte (SÃO PAULO, 2017). Com o exposto, o presente estudo é realizado nos municípios costeiros do litoral norte de São Paulo, constituído por Ubatuba (23.4338° S, 45.0860° O), Caraguatatuba (23.6256° S, 45.4241° O), São Sebastião (23.8063° S, 45.4017°

O) e Ilha Bela (23.8158° S, 45.3665° O) e litoral sul, formado por Iguape (24.7070° S, 47.5575° O), Ilha Comprida (24.7394° S, 47.5423° O) e Cananeia (25.0126° S, 47.9339° O), considerando apenas a pesca marinha e estuarina.

A partir do momento em que o problema de estudo foi definido, quanto a responder qual é a situação dos municípios do estado de São Paulo quando comparados e analisadas as condições socioeconômicas e produtivas, levando em consideração os pontos fracos e fortes atrelados à atividade pesqueira regional, foram concebidas duas fases para a operacionalização da abordagem metodológica proposta. A fase 1 foi composta pelo levantamento das condicionantes e fatores institucionais limitantes; definição dos critérios; e atribuição de pesos e grau de importância para os critérios selecionados. Já a fase 2 consistiu na compilação dos dados de pesquisa; parametrização das informações; construção da estrutura hierárquica; e utilização de um software para a análise e diagnóstico dos resultados.

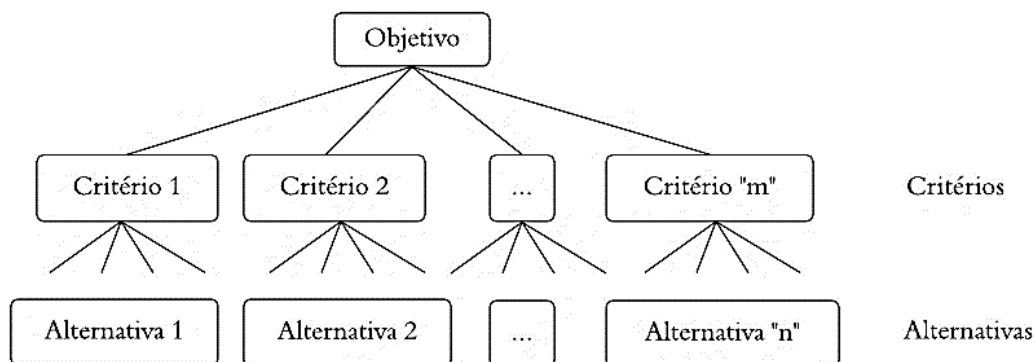
Os critérios utilizados seguem os mesmos de trabalhos anteriores, que também utilizaram a operacionalização do AHP para avaliar o a atividade pesqueira (JULIO; GOMES; FREITAS, 2016; PAGANINI, 2015; GOMES *et al.*, 2015). A definição dos critérios, a atribuição de pesos e o grau de importância foram utilizados segundo trabalhos dos autores, que realizaram coleta desses critérios aplicando questionários a especialistas nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. A utilização de um método já aplicado em outros estados permite a comparação dos resultados e análise macrorregional da atividade pesqueira. Importante mencionar que na necessidade de inclusão de algum novo critério, o peso e importância foram definidos pelos autores e no caso de critérios sem dados oficiais disponíveis, foi realizada a exclusão destes. Portanto, a partir de critérios estabelecidos em outros estudos, foi feita a coleta de dados secundários em bases de dados como IBGE e estatística pesqueira do Instituto de Pesca.

A utilização das variáveis (subíndices, indicadores, critérios, subcritérios, dentre outros), provenientes dos estudos citados anteriormente, é oriunda de ampla literatura pesquisada e relacionada ao tema, que será utilizada na composição da operacionalização do AHP (EVANGELISTA; BARRETO *et al.*, 2014; VIEGAS *et al.*, 2014). Por exemplo, para cada subcritério que for identificado, serão coletados dados referentes aos municípios estudados e a média desses dados se configurará como critério de análise. Isso servirá para prover uma visualização das relações de proximidade entre os subíndices, indicadores e critérios e corroborar com os resultados observados, considerando o grau de importância.

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é o método de multicritério mais utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos de negócios em problemas com múltiplos critérios. Ele baseia-se no método newtoniano e cartesiano de pensar, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores (que podem ainda ser decompostos em novos fatores até o nível mais baixo) claros e dimensionáveis, estabelecendo relações para depois sintetizar (MARTINS, 2009).

Costa (2002) relata que este método se baseia em três etapas de pensamento analítico. A primeira diz respeito à construção de hierarquias: no método AHP o problema é organizado em níveis hierárquicos conforme a Figura 1. Sendo que, segundo Bornia e Wernke (2001), a ordenação hierárquica possibilita ao tomador de decisão ter uma visualização do sistema como um todo e de seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que eles exercem sobre o sistema. Assim, é possível compreender, de forma mais ampla e global, o problema e a relação de complexidade, auxiliando assim na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios por meio da comparação homogênea dos elementos.

**Figura 1:** Estrutura hierárquica básica



**Fonte:** Autores, 2020.

A segunda etapa trata da definição de prioridades (pesos relativos), baseando-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares, à luz de um determinado foco, critério ou julgamentos paritários. Para isso, levou-se em consideração a escala numérica de Saaty.

A escala de Saaty (1991) possui uma numeração de 1 a 9 representando os julgamentos, em que 1 significa que tal critério é irrelevante quando comparado com os

outros e 9 significa a extrema importância de um critério quando comparado com o outro, com estágios intermediários de importância entre esses níveis 1 e 9.

A quantidade de julgamentos necessários para construção de uma matriz de julgamentos genérica  $A$  é  $n(n - 1)/2$ , sendo  $n$  é o número de elementos pertencentes a esta matriz. Os elementos de  $A$  são definidos pelas condições:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

onde:

$a_{ij} > 0 \rightarrow$  Positiva;

$a_{ij} = 0 \therefore a_{ji} = 1$ ;

$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \rightarrow$  Recíproca;

$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$ .

A última versão sobre a consistência lógica, tendo o ser humano como possuidor de habilidade para estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma que sejam coerentes, para que haja um bom relacionamento e suas relações apresentem consistência (SAATY, 2000). Assim, o método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por  $RC = IC/IR$ , sendo  $IR$  é o Índice de Consistência Randômico que é obtido através de uma matriz recíproca de ordem  $n$ ,  $IC$  é o Índice de Consistência que é dado por:

$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n - 1)$ , sendo  $\lambda_{\text{máx}}$  o maior autovalor da matriz de julgamentos (TREVIZANO; FREITAS, 2005). De acordo com Saaty (2000), a condição de consistência dos julgamentos deve ser de  $RC \leq 0,10$ .

A partir destas ações, para sintetizar os resultados, foram realizadas análises de agrupamento hierárquico por similaridade (*cluster*) e escalonamento multidimensional não paramétrico (MDS) empregando o software Primer<sup>®</sup>. O MDS será utilizado para facilitar a interpretação de resultados e, exibir suas possíveis relações, em que cada evento é representado por um ponto no espaço, e a distância entre eles representa a relação de similaridade (STEYVERS, 2002). Nesse trabalho construiu-se MDSs para os subíndices e indicadores, comparando-os entre os municípios e as regiões.

Por fim, para sintetizar os resultados de uma forma estratégica e consolidar a formulação do Índice de Potencialidade Socioeconômica e Produtiva (IPSP: Pesca Norte & Sul), elaborou-se uma matriz SWOT. A Matriz SWOT é uma ferramenta de base estratégica que viabiliza analisar os fatos internos e externos de uma organização, promove o cruzamento das oportunidades e das ameaças externas à organização com seus pontos fortes e fracos, garantindo que os pontos fortes sejam mantidos, reduzam-se os fracos, aproveitem-se as oportunidades e proteja-se das ameaças (VIEGAS; MONIZ e SANTOS, 2014).

A matriz foi elaborada para o município que apresentou o pior resultado no método de análise multicritério (AHP). Para sua elaboração, os autores avaliaram o resultado obtido na análise multicritério, atentando a cada componente da análise para agrupar oportunidades e ameaças e encontrar e construir a matriz SWOT.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir de uma revisão bibliográfica (JULIO; GOMES; FREITAS, 2016; GOMES *et al.*, 2015; PAGANINI; 2015), elaborou-se uma estrutura hierárquica baseada no Método AHP, tendo como nível 1 a definição do objetivo geral; nível 2, os subíndices; nível 3, os indicadores e, por fim, o nível 4, com as alternativas.

De acordo com a metodologia, o arranjo dos subíndices em ordem de maior peso (maior importância) é o subíndice produtivo com 57,85%, subíndice econômico com 27,75%, social com 13,08% e, por fim, o subíndice ambiental com 1,32%.

O subíndice produtivo compreende os indicadores: infraestruturas de transporte, da pesca e comercial do pescado e estoque pesqueiro/desembarque. O subíndice econômico abrange os indicadores: gestão pública municipal, instituições públicas e privadas, infraestrutura de turismo e lazer, atividades econômicas e finanças públicas. Segundo os autores Knox e Trigueiro (2014) e Paz (2018), boa parte das comunidades pesqueiras enfrentem a falta de infraestrutura, apoio financeiro mínimo ou inexistente, além da dificuldade de comercialização do pescado, corroborando com a relevância desses indicadores.

Os indicadores infraestrutura da pesca (1.2), infraestrutura do comércio do pescado (1.3), e estoque pesqueiro/desembarque (1.4), possuem o maior peso em comparação com o restante, 20,16%, 11,60% e 18,80 respectivamente, contribuindo para que o subíndice produtivo apresente a maior importância relativa. O indicador infraestrutura da pesca é

constituído pelos critérios número de fábricas de gelo, associações e cooperativas, quantidade de embarcações, colônias e postos de combustível. Entre os municípios estudados, Caraguatatuba possui o maior número desses critérios com duas fábricas de gelo, cinco associações e cooperativas, uma colônia de pescadores e 40 postos de gasolina.

Os indicadores infraestrutura do transporte (1.1), demografia (3.1), condições sociais (3.2), gestão pública municipal (4.1), instituições públicas e privadas (4.2), infraestrutura de turismo e lazer (4.3), atividades econômicas (4.4) e finanças públicas (4.5) variaram seus pesos entre 4,17% e 8,90%. Com relação ao indicador de menor peso, teve-se a utilização das terras (2.1), com um percentual de 1,32%. Este indicador compõe o subíndice ambiental, formado por uma cadeia complexa de critérios, na qual um critério é gerado a partir de outros subcritérios.

Para elaboração da priorização e hierarquização dos municípios tratados neste estudo, multiplicaram-se os dados quantitativos coletados pelos pesos relativos normalizados.

Atendendo ao objetivo geral de hierarquizar os municípios quanto ao Índice de Potencialidade Socioeconômica e Produtiva na atividade pesqueira baseado no Método AHP situados na região litoral norte e sul do estado de São Paulo, obteve-se a seguinte classificação, apresentada na Tabela 1:

**Tabela 1:** Hierarquização de todos os municípios

Posição	Município	Potencialidade
1º	São Sebastião	25,52%
3º	Caraguatatuba	23,04%
2º	Ubatuba	22,64%
6º	Ilhabela	20,13%
4º	Iguape	19,56%
5º	Cananeia	17,75%
7º	Ilha Comprida	10,48%

**Fonte:** Autores, 2020.

Com a hierarquização finalizada, conclui-se que o município de São Sebastião possui o maior grau de potencialidade para desenvolvimento da pesca com 25,52%, enquanto Ilha



Comprida, o menor, alcançando 10,48%. Visto que os municípios do litoral norte possuem uma grande similaridade, fez-se a hierarquização dos municípios por regiões (Tabela 2).

**Tabela 2:** Hierarquização dos municípios do litoral norte

	Posição	Município	Potencialidade
<b>Região Norte</b>	1º	São Sebastião	28,45%
	2º	Caraguatatuba	27,94%
	3º	Ilha Bela	22,68%
	4º	Ubatuba	20,92%
<b>Região Sul</b>	1º	Iguape	41,00%
	3º	Cananéia	35,48%
	2º	Ilha comprida	23,52%

**Fonte:** Autores, 2020.

A Tabela 2 reforça que os municípios possuem grande similaridade e que São Sebastião é o que possui maior potencialidade para a atividade pesqueira. De acordo com a Secretaria de Logística e Transportes do Estado de São Paulo (2020), o litoral norte de São Paulo detém a terceira melhor região portuária do mundo, localizada em São Sebastião, e movimenta uma receita estimada em 21,8 milhões ao ano somente com a atividade pesqueira (Informe pesqueiro de São Paulo, 2019b). Segundo o Censo IBGE (2010), ao se realizar uma comparação entre os litorais norte e sul, o litoral norte de São Paulo detém 85% da população e gera 92% dos empregos formais.

Ao se analisar os municípios do litoral sul, percebe-se que a classificação permanece a mesma que na Tabela 1, tendo o maior índice de potencialidade o município de Iguape e o menor índice, o município de Ilha Comprida. O litoral sul é uma região com alto grau de preservação, que dispõe de grande biodiversidade e produtividade natural. A pesca artesanal é mais representativa na região, caracterizada por embarcações de madeira e com baixa tecnologia; boa parte dos municípios são ilhas e o tamanho populacional é relativamente pequeno em comparação com o litoral norte (MACHADO; MENDONÇA, 2007).

Aplicando a mesma análise hierárquica para os subíndices, obteve-se a ordem de prioridade dos municípios, como indicado na Tabela 3:

**Tabela 3:** Ordem de prioridade dos municípios de acordo com os subíndices

<b>Subíndice Produtivo</b>	<b>1º</b>	<b>Ubatuba</b>	<b>20,21%</b>	<b>Subíndice Social</b>	<b>1º</b>	<b>São Sebastião</b>	<b>15,59%</b>
	2º	Iguape	19,80%		2º	Ilha Bela	14,87%
	3º	Cananeia	16,81%		3º	Iguape	14,70%
	4º	Caraguatatuba	13,70%		4º	Cananeia	14,70%
	5º	São Sebastião	12,38%		5º	Caraguatatuba	14,36%
	6º	Ilha Bela	11,91%		6º	Ubatuba	13,19%
	7º	Ilha Comprida	5,18%		7º	Ilha Comprida	12,60%
<b>Subíndice Ambiental</b>	<b>1º</b>	<b>São Sebastião</b>	<b>15,48%</b>	<b>Subíndice Econômico</b>	<b>1º</b>	<b>São Sebastião</b>	<b>28,26%</b>
	2º	Iguape	15,26%		2º	Ilha Bela	22,40%
	3º	Caraguatatuba	14,92%		3º	Ubatuba	20,52%
	4º	Ubatuba	14,70%		4º	Caraguatatuba	15,95%
	5º	Ilha Bela	13,69%		5º	Iguape	8,07%
	6º	Cananeia	12,98%		6º	Ilha Comprida	2,79%
	7º	Ilha Comprida	12,98%		7º	Cananeia	2,00%

Fonte: Autores, 2020.

Ao investigarmos o subíndice produtivo, vemos que Ubatuba é o município com maior índice, situação oposta à Ilha Comprida. Isso acontece pois Ubatuba possui uma melhor infraestrutura na pesca, no transporte e no comércio (IBGE, 2020). O município possui uma colônia de pescadores, 314 restaurantes, duas fábricas de gelo, 230 embarcações, rodovias pavimentadas que facilitam a logística dos pescados, entre outros; enquanto Ilha Comprida dispõe de uma fábrica de gelo, 71 restaurantes, 48 embarcações, nenhuma colônia de pescadores e não possui rodovias.

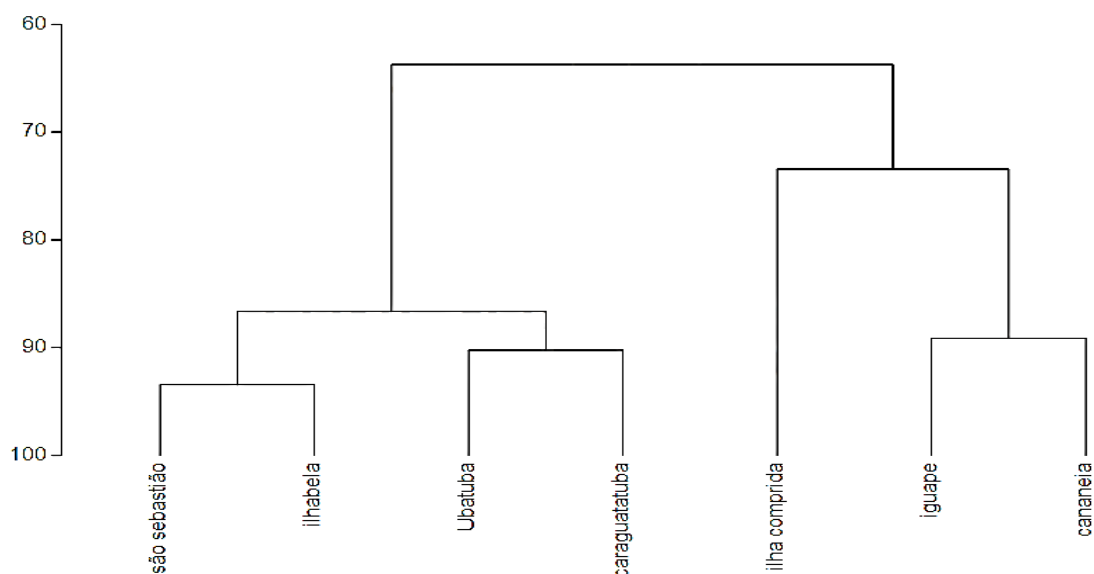
Com relação aos subíndices econômico, ambiental e social, o município de São Sebastião teve as maiores pontuações. Segundo o Censo IBGE (2017), em referência ao subíndice econômico, São Sebastião detém a maior quantidade de meios de hospedagem (203) e o melhor índice em infraestrutura de turismo e lazer (0,91). É o município com maior participação no PIB de São Paulo entre 2008 e 2017, e quando somadas as receitas tributárias dos municípios do litoral norte e sul de São Paulo, São Sebastião aparece como responsável por 50% do total delas.

No que se refere ao subíndice social, ainda em comparação com os municípios do litoral norte e sul, São Sebastião possui a maior renda familiar *per capita* e o melhor índice de desenvolvimento humano, mais precisamente 0,772; ao contrário de Ilha Comprida, que detém o pior índice, com aproximadamente 0,72 (IBGE, 2010). Por último, investigando o subíndice ambiental, temos que Ilha Comprida é o único município em que a população tem

que se deslocar para as cidades vizinhas quando precisa utilizar os serviços de uma comarca (IBGE, 2010).

Para sintetização dos resultados e uma melhor visualização da similaridade entre os municípios, realizou-se uma análise de agrupamento hierárquico por similaridade (*cluster*) entre os municípios, subíndices e indicadores, apresentado na Figura 2 e 3, respectivamente, e um escalonamento multidimensional não paramétrico (MDS), empregando o software Primer®.

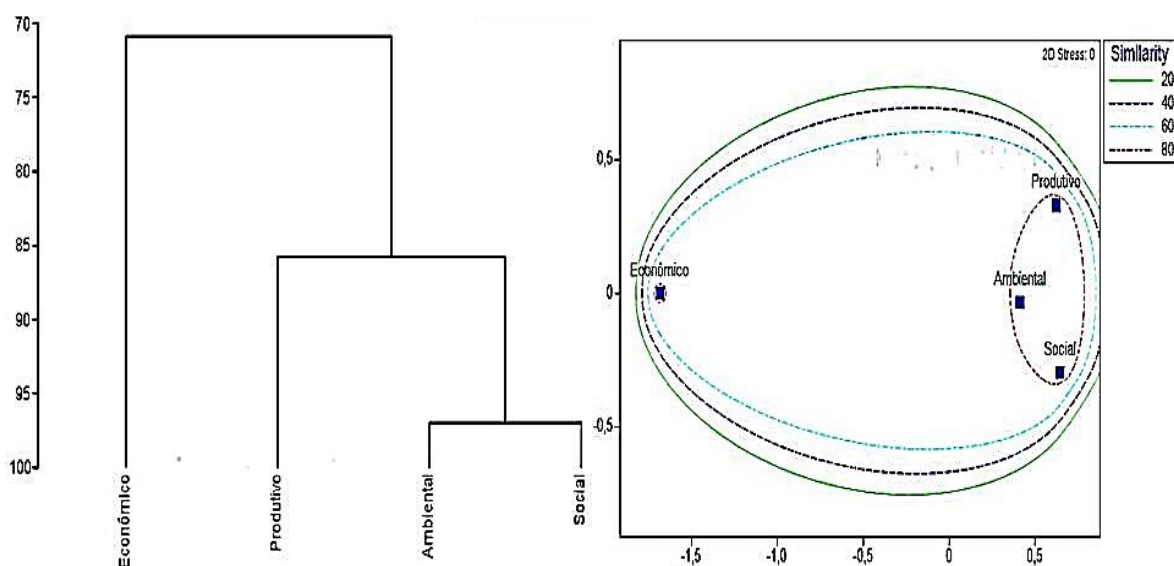
**Figura 2:** Dendrograma para os municípios do litoral norte e sul do estado de São Paulo



**Fonte:** Autores, 2020 (*Software Primer*).

Pode-se afirmar que os municípios de São Sebastião e Ilha Bela possuem um grau de similaridade de 93,43%, Ilha Bela e Caraguatatuba possuem um grau de similaridade de 90,23%, Iguape e Cananeia com 89,13% e Ilha Comprida distingue-se dos demais municípios com similaridade de 73,43%.

Outra constatação é que as regiões norte e sul, mesmo sendo analisadas em conjunto, não se relacionam entre si ao visualizarmos o dendrograma; e que o grau de similaridade entre elas é de 63,75%.

**Figura 3:** Dendrograma e MDS para os subíndices

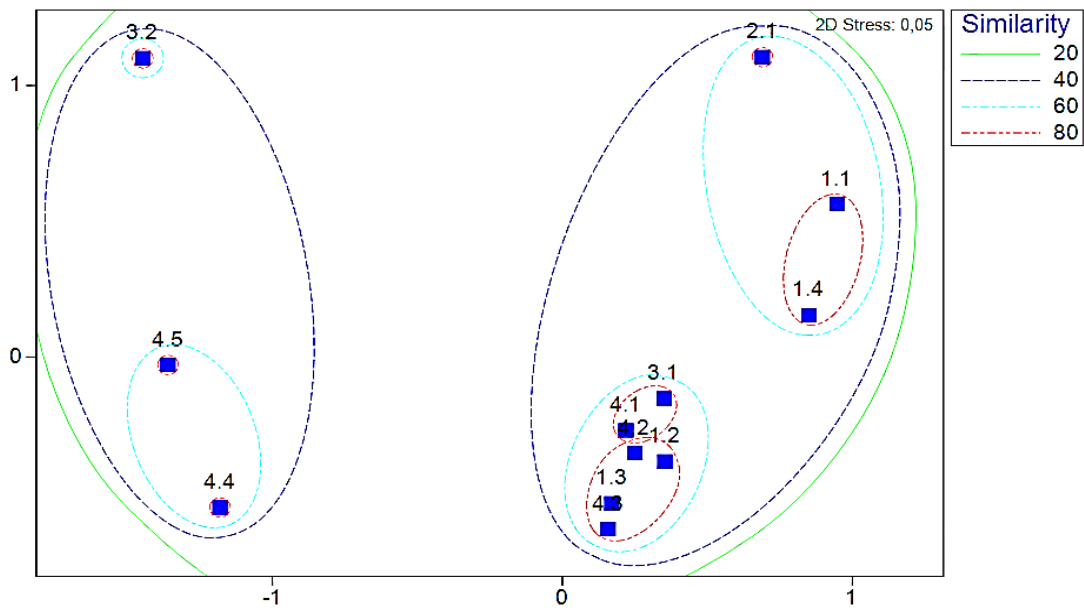
Fonte: Autores, 2020 (Software Primer).

A combinação dos subíndices apontou maior grau de similaridade entre os subíndices ambiental e social: 97%; essa similaridade é limitada a 86,11% quando comparada ao subíndice produtivo e uma similaridade de 71% do subíndice econômico com o restante dos subíndices.

Outro modelo de agrupamento utilizando dendrogramas foi a comparação entre os indicadores, apontando uma maior semelhança entre os indicadores demografia e gestão pública municipal (94,8%); e uma menor homogeneidade entre os indicadores utilização das terras e atividades econômicas com o grupo dos demais indicadores (30,76%).

Para a construção do MDS e análise dos indicadores fez-se o uso dos dados coletados e pesos relativos, cujos resultados solidificaram à similaridade adquirida por meio do dendrograma (Figura 4).

**Figura 4:** MDS dos indicadores para a região norte e sul de São Paulo



Fonte: Autores, 2020 (Software Primer).

Pode-se afirmar que boa parte dos indicadores estão numa faixa de similaridade de 80% entre eles e os indicadores demografia e gestão pública municipal encontram-se no mesmo agrupamento e na mesma faixa de similaridade nos sete municípios estudados.

A elaboração da Matriz SWOT (Tabela 4) baseou-se nos resultados da hierarquização AHP do município que apresentou o pior resultado (Tabela 1), apontando assim uma melhor compreensão das potencialidades e riscos identificados.

**Tabela 4:** Matriz SWOT para o município de Ilha Comprida

SWOT		Análise Externa	
		OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Análise Interna	<b>PONTOS FORTES</b>	1.3 - Infraestrutura comercial do pescado; 4.1 - Gestão Pública Municipal. 1.4 - Estoque pesqueiro/desembarque;	4.4 - Atividades econômicas; 3.1 - Demografia; 4.3 - Infraestrutura de turismo e lazer.
	<b>PONTOS FRACOS</b>	1.1- Infraestrutura do transporte; 1.2 - Infraestrutura da Pesca; 3.2 - Condições sociais;	2.1 - Utilização das terras; 4.2 - Instituições Públicas e Privadas. 4.5 - Finanças públicas.

Fonte: Autores, 2020.

Com base na Matriz SWOT e nos estudos anteriores, vê-se que a infraestrutura da pesca possui uma significativa representatividade para São Sebastião e Ilha Comprida e que precisa ser melhorada, afinal esse indicador é o que possui maior importância e é responsável pelo beneficiamento da produção, quantidade e tipo das embarcações.

Outro ponto é que o indicador infraestrutura do turismo e do lazer encontra-se como uma ameaça para o município de Ilha Comprida. A renda principal desse município é dada apenas pela pesca e pelo turismo e, quando comparado com outros municípios, tem-se que Ilha Comprida não valoriza esse quesito. Exemplificando, em São Sebastião existem 203 hospedagens, já em Ilha Comprida tem-se 42, São Sebastião possui 16 equipamentos culturais, dentre eles, museu, bibliotecas, ginásio de esportes e centros culturais, enquanto Ilha Comprida possui apenas uma biblioteca e um centro cultural.

#### **4. CONCLUSÃO**

A partir das análises realizadas, pode-se concluir que o município que possui o maior índice de potencialidade socioeconômica e ambiental da atividade pesqueira marinha e estuarina da região litorânea norte e sul do estado de São Paulo é São Sebastião e o município com o índice mais baixo é Ilha Comprida. Dessa forma, o estudo permite trazer apontamentos de locais com maior demanda de investimento e atenção do poder público. A matriz SWOT trouxe indicativos de potencialidades e ameaças. Entretanto, é importante considerar que a avaliação se deu em função da percepção dos autores, podendo haver alguma diferença para com a percepção local.

Para realização desse trabalho, a principal dificuldade encontrada foi a obtenção de dados para preenchimento das tabelas, visto que o litoral sul de São Paulo possui poucas informações. Além disso, quando era possível encontrá-las, muitas estavam desatualizadas ou incompletas.

Pela importância do setor, tanto economicamente, quanto na geração de empregos e alimentos, é crucial que haja melhorias no setor pesqueiro, bem como valorização e subsídios do poder público.

## REFERÊNCIAS

ABDALLAH, P. R.; BACHA, C. J. C. *Evolução da atividade pesqueira no Brasil: 1960-1994. Teoria e Evidência Econômica*. São Paulo, v. 7, n. 13, p. 9-24, 1999.

GUIAR, D. C. de; SALOMON, V. A. P. *Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. Production*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 502-519, dez. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132007000300008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000300008&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 27 jul. 2020.

ALVES, N. F. de C; LORENZONI, R. C.; FREITAS, R. R. *Índice de potencialidade socioeconômica e produtiva da pesca marinha e estuarina do estado do rio de janeiro (IPSP-SP)*. (49 f.). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.

BORNIA, A.C.; WERNKE, R. A. *Contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais. Revista Contabilidade & Finanças*. São Paulo v.14, n. 25, p. 60- 71, jan./abr. 2001.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. GEO Brasil. *Perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Edições IBAMA, Brasília, p.1-140, 2002.

BRASIL. 2012. Ministério do turismo. *A pesca como ação turística*. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/4474-a-pesca-como-acao-turistica.html>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BRASIL. 2018. Ministério da economia. *Exportações, importações e balança comercial*. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-brasil>. Acesso em: 14 mai. 2019.

BRASIL. 2019. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior. *Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades*. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1524/1/A%20Set.35\\_Panorama%20da%20aquicultura%20no%20Brasil\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1524/1/A%20Set.35_Panorama%20da%20aquicultura%20no%20Brasil_P.pdf). Acesso em 13 mai. 2019.

BRASIL. 2009. *Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009*. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras. Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF. [2020]. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes\\_normativas/L11959.pdf](http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/L11959.pdf). Acesso em: 12 mai. 2019.

BRIOZO, R. A.; MUNETTI, M. A. **Método multicritério de tomada de decisão:** aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 805-819, dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3kR5sKjgVW7fWWK6kzdsGRz/?lang=pt>. Acesso em: 27 jun. 2020.

COSTA, H.G. *Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão*. Niterói/RJ: H.G.C., 2002.



DIAS-NETO, J.; DORNELLES, L. C. C. *Diagnóstico da pesca marítima do Brasil*. Brasília: IBAMA, 1996. 165 p.

EMBRAPA 2015. *Problemas e oportunidades*. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=aquic:::29>. Acesso em: 17 mai. 2019.

EMBRAPA 2014. *Pesca e aquicultura*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura>. Acesso em: 12 mai. 2019.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; DALTRO, A. C. S.; SILVA, I. P.; BERNARDES, F. S. *Indicadores socioeconômicos e percepção ambiental de pescadores em São Francisco do Conde*. **Bol. Inst. Pesca**, Bahia, v. 40, n. 3, p. 459-470, 2014.

FAO. (Fisheries and Aquaculture Department Food And Agriculture Organization Of The United Nations). *The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges*. 2016. 243 p.

FAO. (Fisheries and Aquaculture Department Food And Agriculture Organization Of The United Nations). *State of World Fisheries and Aquaculture based on SOFIA 2018*. 2018. 07 p.

GOMES, V. A. do P. *Índice de potencialidade socioeconômica e produtiva da pesca marinha e estuarina na região norte do espírito santo (IPSP-Norte)*. (27 f.). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.

IBGE. 2010. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Cidades@. *Censo 2010*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>. Acesso em: 02 fev. 2020.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. *Produto interno bruto dos municípios*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/?lang=>. Acesso em: 02 fev. 2020.

INSTITUTO DE PESCA (São Paulo a). *Piscicultura paulista atinge 73.200 toneladas em 2018 e assume a segunda posição no país*. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/ip-na-midia/1031-piscicultura-paulista-atinge-73-200-toneladas-em-2018-e-assume-a-segunda-posicao-no-pais>. Acesso em: 14 mai. 2019.

INSTITUTO DE PESCA (São Paulo b). *Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo PMAP-SP*. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/11/conteudo>. Acesso em: 27 jul.2020.

ISAAC, V.N.; HAIMOVICI, M.; MARTINS, S.A. & ANDRIGUETTO, J.M. *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. Belém: UFPA, 2006. 186p.

JULIO, T. S.; GOMES, V. A do P.; FREITAS, R. R de. *Índice de Potencialidade Socioeconômica, Produtiva e Ambiental da pesca marinha e estuarina na região sul do Espírito Santo (IPSPA-Sul)*. *Espacios*. São Mateus, v. 37, n. 31, p. 1-04, 2016.

KNOX, W.; TRIGUEIRO, A. *A pesca artesanal, conflitos e novas configurações*. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v.8, n.2, p. 1-18, 2014.

LISBOA, M. V.; WAISMAN, J. *Aplicação do Método de Análise Hierárquica – MAH para o Auxílio à Tomada de Decisão em Estudos de Alternativas de Traçado de Rodovias*. In: **XVII Congresso de pesquisa e ensino em transportes**. Rio de Janeiro, p. 982-993, 2003.

MACHADO, I. C.; MENDONÇA, J. T. *Gestão pesqueira participativa do Complexo Estuarino-lagunar de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida e Área Costeira Adjacente*. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira. Série Áreas Protegidas do Brasil. Brasília, 2007, 272p.

MARTINS, A. S., ISAAC, V. J., HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO-FILHO, J. M. *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. **Editora Universitária UFPA**, Belém, v.1, n. 1, p.181-186, 2006.

PAGANINI, T. B. *Índice de potencialidade socioeconômica e produtiva da pesca marinha e estuarina (IPSP-Centro)*. (33 f.). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.

PAZ, M. L. C. *A dinâmica da cadeia produtiva da pesca no desenvolvimento de políticas públicas para região costeira do Espírito Santo*. 2018. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

PEIXES BR. *Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Brasileiro da Piscicultura 2019*. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf?>. Acesso em 14 mai. 2019.

SAATY, T.L. *Método de Análise Hierárquica*. McGraw-Hill, Makron Books, São Paulo, SP, Brasil: 1991. 367p.

SAATY, T. L. *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. **RWS publications**, USA, 2000. 323p.

SÃO PAULO. Portal do estado. *Litoral de SP: mais de 600 km de extensão banhados pelo Atlântico*. 2017. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/litoral-de-sp-mais-de-600-km-de-extensao-banhados-pelo-atlantico/>. Acesso em 12 mai. 2019.

SÃO PAULO. Biblioteca digital. *São Paulo: hidrografia*. 2018. Disponível em: <http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/temas/sao-paulo/sao-paulo-hidrografia.php>. Acesso em 12 mai. 2019.

SÃO PAULO. Secretaria de logística e transportes. *Porto de São Sebastião*. 2020. Disponível em: <http://www.transportes.sp.gov.br/transportes/portoSaoSebastiao.xhtml>. Acesso em: 27 jul. 2020.

SEBRAE. *Diagnóstico dos Resíduos da Pesca e Aquicultura do Espírito Santo*. Brasil: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2010.

STEYVERS, M. *Multidimensional scaling*. In: **Encyclopedia of cognitive Science**. Stanford, CA: Stanford University, 2002.

TREVIZANO, W. A.; Freitas, A. L. P. *Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de Processadores*. In: **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção** – Porto Alegre. Porto Alegre, 2005.

VIEGAS, M. C.; MONIZ, A. B.; SANTOS, P. T. *Artisanal fishermen contribution for the integrated and sustainable coastal management – application of strategic SWOT analysis*. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 120, n.1, p. 257-267, 2014.



## Técnicas de recuperação e separação de elementos terras raras empregando resinas de troca iônica

Tamara Monteiro<sup>1</sup>

Sabrina Oliveira Passos<sup>2</sup>

Ana Carolina Silva Machado Tameirão<sup>3</sup>

### RESUMO

Os Elementos Terras Raras (ETR) são de suma importância para tecnologia de ponto, porém sua oferta é bastante restrita. A obtenção desses elementos é financeiramente onerosa e causadora de muitos impactos ambientais. Uma alternativa versátil e eficiente de obtenção de ETR é a extração em fase sólida com resinas de troca iônica. Diante disso, este trabalho tem como objetivo, realizar um estudo bibliográfico sobre a recuperação e separação dos elementos terras raras de efluentes ácidos por meio da técnica de troca iônica utilizando resinas. O estudo foi realizado através de uma revisão de literatura no intervalo temporal de 2015 a 2020, utilizando as bases de dados *Science Direct* e *Google Scholar*. A partir da análise criteriosa do levantamento bibliográfico foram selecionadas 18 referências onde observou-se uma diversidade de agentes lixiviantes, eluentes e resinas, tornando-se assim, inviável chegar a um senso comum acerca das melhores condições a serem adotados para melhor cenário para extração e recuperação dos ETR, pois os parâmetros indicados são relativos à especificidade da matriz a ser tratada.

**Palavras-chave:** Extração de ETR. Extração em Fase Sólida. Tecnologia de Extração.

---

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, MG, Brasil. E-mail: [tamarac.monteiros@gmail.com](mailto:tamarac.monteiros@gmail.com).

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, MG, Brasil. E-mail: [passos.ols2@gmail.com](mailto:passos.ols2@gmail.com).

<sup>3</sup>Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, MG, Brasil. E-mail: [anacsm31@gmail.com](mailto:anacsm31@gmail.com).

## ***Recovery and separation techniques for rare earth elements employing ion exchange Resins***

### **ABSTRACT**

*Rare Earth Elements (ETR) are of paramount importance for point technology, but their offer is quite restricted. Obtaining these elements is financially costly and causes a lot of environmental data. An alternative to minimize the impacts of obtaining ETR is its extraction in solid phase with ion exchange resins, which is an efficient versatile separation technology. Therefore, this work aims to carry out a bibliographical study on the recovery and separation of rare earth elements from acidic effluents through the ion exchange technique using resins. The study was carried out through a literature review in the time interval from 2015 to 2020, using the Science Direct and Google Scholar databases. From the careful analysis of the bibliographic survey, 18 references were selected where a diversity of leaching agents, eluents and resins was observed, making it impossible to reach a common sense about the best conditions to be adopted for a better scenario for extraction and recovery of the REE, as the indicated parameters are related to the specificity of the matrix to be treated.*

**Keywords:** *ETR Extraction. Solid Phase Extraction. Extraction Technology.*

Artigo recebido em: 20/09/2021

Aceito em: 11/10/2021

## 1. INTRODUÇÃO

Os Elementos Terras Raras (ETR) são caracterizados como um grupo, pois eles ocorrem nos mesmos minérios e exibem semelhanças físico-químicas, mas individualmente, expressam propriedades eletrônicas distintas e variadas. Sendo eles, uma família de 17 metais, dos quais 15 pertencem ao grupo dos Lantanídeos (número atômico entre  $Z=57$ , o Lantânio, e  $Z=71$ , o Lutécio), além de Escândio ( $Z=21$ ) e Ítrio ( $Z=39$ ) (BRAGA, 2014). A Figura 1 demonstra os elementos consolidados que constituem essa família, pertencentes ao grupo 3 da tabela periódica.

**Figura 1:** Tabela periódica com destaque para os Elementos Terras Raras

Elementos Terras Raras		Metals de Transição	Lantanídeos	Actinídeos
Sc	Y			
La	Ce	Pr	Nd	Pm
Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np
Pu	Am	Cm	Bk	Cf
Es	Fm	Md	No	Lr

**Fonte:** Adaptado Filho *et al.*, 2019.

Segundo dados do *United States Geological Survey* (USGS) (2020), a produção global desses elementos em 2019 foi de 210.000 toneladas, correspondendo a 0,18% do total das reservas mundiais, representando um crescimento da produção entre 2018 e 2019 de aproximadamente 11%. A China domina o cenário da oferta mundial de Terras Raras, tendo cotas de produção de minas e separação de 120.000 toneladas em 2018 e 132.000 toneladas em 2019, o que mostra um avanço de 3,9%. No mesmo período, a produção dos ETR no Brasil, que contém a segunda maior reserva mundial, reduziu cerca de 9,1%.

Por serem elementos que possuem propriedades peculiares, os ETR são de suma importância para a tecnologia de ponta, por isso, o Plano Nacional de Mineração 2030, incluiu esses elementos no seletivo grupo de minerais estratégicos (SENADO FEDERAL, 2013). Atualmente, um dos principais desafios para a retomada dos processos de lavra e

mineração de Terras Raras no Brasil envolve questões financeiras, legais e ambientais. Estes desafios estão associados ao fato de que os ETR são encontrados em baixíssimas concentrações nos minerais em que estão disponíveis, geralmente a monazita e xenotima, e estes, estão associados a elementos radioativos como Tório (Th) e Urânio (U) que acabam se tornando resíduos perigosos no processo de beneficiamento de Terras Raras. Além disso, os processos de separação desses elementos em compostos individuais envolvem etapas complexas, que requerem utilização de reagentes químicos, também de alto impacto ambiental, tornando-se assim, o processo oneroso (SOUZA FILHO; SERRA, 2014).

Na década de 60, quando os elementos radioativos começaram a ter reconhecimento, a estatal Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), passou a ser exclusivamente responsável pela exploração da monazita. No entanto, em 2006, a mesma suspendeu a mineração de Terras Raras, pois seu principal foco passou a ser a exploração de urânio (SENADO FEDERAL, 2013). Desde então, a produção de ETR do Brasil não condiz com a reserva mensurada (USGS, 2020).

A lavra e beneficiamento de urânio geram graves impactos ambientais, sendo um deles, a drenagem ácida da mina (DAM). Este fenômeno ocorre quando sulfetos metálicos se oxidam por exposição ao oxigênio e água, produzindo assim, ácido sulfúrico e metais dissolvidos (CAMPANER; LUIZ-SILVA, 2009; CETEM, 2013).

Os Elementos Terras Raras podem fazer parte dos metais de forma dissolvida, nos quais são considerados contaminantes em efluentes da DAM. Uma excelente opção para reduzir os danos ao meio ambiente, agregando valor aos resíduos da mineração de urânio é a recuperação e separação dos ETR, a partir do efluente de drenagem ácida de mina, mas esse processo requer ainda mais estudos (LIMA, 2014; ALBERTI, 2017). A recuperação de ETR por essa via secundária poderia gerar capital, reduzindo assim, os custos dos tratamentos e ainda corroborar para o desenvolvimento econômico sustentável (MORAES *et al.*, 2020).

Muitos países têm dedicado esforços na área de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias voltadas à concentração, recuperação e separação dos Terras Raras, tanto de lavra, quanto de fontes alternativas (GIESE, 2017).

As principais técnicas de recuperação e separação de ETR exploradas são a cristalização fracionada, normalmente utilizando nitrados duplos de amônia ou por alteração no estado de oxidação, como ocorre por exemplo, na separação de Cério como  $Ce^{4+}$  e Európio como  $Eu^{2+}$ . Além disso, têm-se as técnicas cromatográficas que, conforme a



literatura, foram as primeiras técnicas capazes de separar efetivamente os ETR em compostos de alta pureza, com aplicação da cromatografia de troca iônica, cromatografia de deslocamento e troca iônica líquido-líquido (SOUZA FILHO; SERRA, 2014).

De acordo com Braga (2014), o Brasil tem potencial para elevar sua disputa de mercado na exploração de ETR em níveis internacionais, mas nota-se ainda que há uma carência de tecnologia aplicada à separação dos Elementos Terras Raras. Diante disso, este trabalho tem como objetivo, realizar um estudo bibliográfico sobre a recuperação e separação dos Elementos Terras Raras de efluentes ácidos por meio da técnica de troca iônica utilizando resinas.

## 2. METODOLOGIA

A prospecção bibliográfica iniciou-se no *Google Scholar* utilizando as palavras-chave “Terras Raras”, “troca iônica”, “resina”, “recuperação” e “separação” (juntas e separadas), em inglês e português. Muitos resultados encontrados eram provenientes do *Science Direct*. Diante disso, optou-se por pesquisar diretamente nessa base de dados. Utilizou-se os mesmos critérios de busca na aba de pesquisa avançada e posteriormente os resultados foram filtrados por artigo de pesquisa com publicação de 2015 a 2020 e pela área de Engenharia Química, encontrando-se assim, 67 resultados. Voltando ao *Google Scholar*, excluíram-se os resultados que eram análogos aos encontrados no *Science Direct*, e adicionou-se 56 referências.

Após a prospecção, o resultado foi de 123 referências e definiu-se que os critérios de seleção seriam trabalhos que: utilizam resina de troca iônica; material tratado em meio ácido; regime de operação em batelada ou em coluna. Em seguida, iniciou-se a avaliação dos resumos, onde foram selecionadas 18 referências para compor este artigo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os Elementos Terras Raras possuem oferta restrita no mercado, sendo assim, nos últimos anos houve um aumento acentuado no número de estudos para compreender o comportamento desses elementos, e assim corroborar com o desenvolvimento de novas tecnologias de recuperação e concentração dos mesmos, seja diretamente de rochas que possuam estes minerais ou de fontes secundárias. Uma dessas tecnologias é a extração em fase sólida com resina de troca iônica que é particularmente versátil e eficiente.

### 3.1 Estudos estáticos

Estudos estáticos de adsorção são válidos para otimização e avaliação aos efeitos dos parâmetros operacionais, como a concentração, a massa do trocador iônico, o tempo de contato, a concentração inicial dos Elementos Terras Raras e a temperatura, assim com, a afinidade de trocadores de íons para os ETR e possibilidade de sua regeneração após o processo de sorção.

Mediante estudos estáticos também é possível realizar estudos cinéticos que descrevem a taxa de adsorção de íons e a partir dessa taxa, controlar o tempo de residência do íon metálico na interface solução-sólido. Além disso, esses estudos viabilizam a análise de dados de equilíbrio e criação de isothermas apropriadas para comparar sorventes sob várias condições. Estes modelos de isothermas de adsorção são amplamente aplicados para ajustes de dados e avaliação de relação entre as capacidades de equilíbrio ( $q_e$ ) e concentrações aquosas de equilíbrio ( $C_e$ ). É possível analisar também os parâmetros termodinâmicos, como por exemplo, energia livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ), alterações de entalpia ( $\Delta H^\circ$ ) e entropia ( $\Delta S^\circ$ ), que auxiliam na investigação sobre a natureza da sorção de íons. Na Tabela 1, são relatados estudos em modo batelada da sorção dos Elementos Terras Raras de efluentes ácidos.

**Tabela 1:** Resinas utilizadas para estudos estáticos acerca da sorção de Terras Raras

Resina	Material tratado	Meio	ETR estudado	Rendimento	Referência
Purolite (sulfônico)	Solução sintética de ETR(III)	HCl pH 1,5	La, Sm e Ho	64 g L <sup>-1</sup> (La)	(PAGE <i>et al.</i> , 2017)
Amberlite 200C Na e H					
Dowex M-4195		HNO <sub>3</sub> 0,2M	La, Ce e Nd	1,51 mg g <sup>-1</sup> (La)	(KOŁODYŃSKA <i>et al.</i> , 2019)
Lewatit MDS 200 H	Amostra de água ácida de mina (enriquecida)	pH 1,4 2,4 e 3,4	La, Ce, Nd, Gd, Dy e Y	0,212 mmol g <sup>-1</sup> (La)	(FELIPE <i>et al.</i> , 2020)
Dowex 50W-X8 H					
Purolite C160					
Dowex 50W-X8	Efluente dos processos de recuperação de urânio	HCl pH 1,25	Ce, Eu, Gd, Er, Yb, Sc e Y	85,47 mg g <sup>-1</sup> (Total)	(KHAWASSEK <i>et al.</i> , 2018)

Continua...

... Conclusão

Resina	Material tratado	Meio	ETR estudado	Rendimento	Referência
Amberlite IR120 Na	Efluente gerado durante o processamento da monazita	HCl pH 1,3	La, Ce, Pr, Nd e Sm	81% a 99% de pureza	(KUMARI <i>et al.</i> , 2020)
Purolite C150	Amostra de Fosfogesso	HCl H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> NaCl	La, Ce, Pr e Nd	74% (Total) S940	(VIROLAINEN <i>et al.</i> , 2019)
Finex CS16GC					
Purolite S940					

Fonte: Aatoria própria, 2020.

Page, Soldenhoff e Ogden (2017) investigaram a sorção dos ETR de uma solução sintética contendo La, Sm e Ho em meio clorídrico a pH 1,5. Como material trocador de íons utilizou-se as resinas, em desenvolvimento (SA), Purolite S957 (SP), Purolite S950 (AP) e Purolite S930 (IDA), contendo o grupo funcional sulfônico, sulfônico/fosfônico, aminofosfônico e iminodiacético, respectivamente.

Um ajuste estreito entre o modelo de Langmuir e os dados experimentais foi observado. A capacidade máxima de adsorção para a sorção de íons La<sup>3+</sup> foi igual a 64 g L<sup>-1</sup> para resina SA e 52, 39 e 49 g L<sup>-1</sup>, para as resinas quelantes SP, AP e IDA, respectivamente.

A afinidade da resina para o La é explicada em parte pela contração de lantanídeos, isto é, o raio iônico dos íons ETR diminui à medida que o número atômico aumenta. Quanto menor o raio iônico apresentado pelo elemento, maior será a camada de hidratação. Íons com menores raios, como o lantânio, apresentam menor concha de hidratação possibilitando o acesso aos sítios ativos da resina.

Kołodzyńska, Hubicki e Fila (2019) desenvolveram um estudo acerca da eficácia de adsorção de La, Ce e Nd em solução de ácido nítrico utilizando três diferentes trocadores de íons, Amberlite 200C Na, Amberlite 200C H e Dowex M 4195.

A resina Amberlite 200C com ativação Na<sup>+</sup> e H<sup>+</sup> se adaptou melhor ao modelo de Langmuir, e apresentaram um bom potencial para remoção de ETR de soluções ácidas devido à alta capacidade de sorção obtida, de 1,51 e 0,86 mg g<sup>-1</sup> para íons La<sup>3+</sup>. O modelo Freundlich é mais adequado para a resina Dowex M 4195, e essa foi caracterizada por uma capacidade máxima de adsorção para íons La<sup>3+</sup> de 0,13 mg g<sup>-1</sup>, significativamente menor.

Para as resinas Amberlite 200C Na e Amberlite 200C H, a cinética de adsorção é controlada pela difusão dos íons metálicos através do grânulo de polímero, pois contêm grupos sulfônicos com oxigênio como átomos doadores, enquanto Dowex M 4195 contém grupos bis-picolilamina que consistem em três nitrogênios como ligação de átomos, a cinética de adsorção é controlada pela formação da ligação de coordenação no grupo funcional da resina. Os ETR como  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{3+}$  e  $\text{Nd}^{3+}$  preferem ligar-se a ligantes contendo oxigênio como um átomo doador.

A abordagem proposta por Felipe, Batista e Ladeira (2020) foi a investigação das resinas Dowex 50W-X8, Lewatit MDS 200 H e Purolite C160, para processo de troca iônica dos elementos La, Ce, Nd, Gd, Dy e Y em água ácida de mina (enriquecida), que contém vários outros metais além dos ETR.

A competição entre esses diferentes metais pelos sítios ativos das resinas pode inibir sua seletividade e capacidades de carga, pois as resinas também removem outros elementos da água ácida, como algumas impurezas, isto é, Mn, Ca, Mg, Zn e Al. Foi observado um aumento na sorção de impurezas em valores de pH mais elevados, o carregamento das impurezas foi cerca de 10% do carregamento total em pH 1,3 e cerca de 30 a 40% em valores de pH 2,4 e 3,4.

O modelo de Langmuir foi ajustado satisfatoriamente aos dados da Dowex 50W-X8 e resinas Lewatit MDS 200 H. Para o Purolite C160, a isoterma não atingiu o platô necessário para o bom ajuste do modelo Langmuir e, portanto, os valores de  $q_{\text{máx}}$  foram superestimados. As maiores capacidades de carga foram 0,212 mmol g<sup>-1</sup> para La e 0,169 mmol g<sup>-1</sup> para Ce (Dowex 50W-X8) e 0,210 mmol g<sup>-1</sup> para La e 0,173 mmol g<sup>-1</sup> para Ce (Lewatit MDS 200 H). Os valores de  $q_{\text{máx}}$  para elemento individual como para total foram ligeiramente mais elevados a pH 1,4.

O aumento do pH favoreceu a mudança da ordem de seletividade dos elementos. No entanto, a ordem de seletividade do ETR leve > ETR pesado não obteve mudança.

Khawassek *et al.* (2018) utilizando a resina Dowex 50W-X8, estudaram a sorção de ETR provenientes de uma solução de sulfato oriundo de tratamentos hidrometalúrgicos para recuperar o conteúdo de urânio de licores, em meio clorídrico.

A eficiência de adsorção foi aumentada de 4,3 para 91,4% quando o pH foi aumentado de 0,25 para 1,25 e o aumento da temperatura reduziu a eficiência de adsorção. Segundo o modelo de Langmuir a constante de equilíbrio de adsorção (KL) e a capacidade

de adsorção da monocamada saturada ( $q_{m\acute{a}x}$ ) foram de 0,0201 L g<sup>-1</sup> e 85,47 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Kumari *et al.* (2020) investigaram a sorção de La, Ce, Nd, Pr e Sm provenientes de efluente gerado durante o processamento da monazita utilizando resina catiônica Amberlite IR120 Na, pela técnica de batelada. Além de Elementos Terras Raras, este efluente continha como componentes indesejáveis, Cu e Fe.

Durante os estudos, notou-se que houve menor adsorção em pH baixo (~0,94), pois a concentração e mobilidade de íons de hidrogênio é alta no efluente estudado, e isso gerou competitividade com os ETRL (Elementos Terras Raras leves) e fez com que houvesse adsorção destes íons de hidrogênio pela resina. Por outro lado, acima de 1,5; o efeito foi significativo na extração de interferentes. Observou-se que a adsorção de 92,63% La, 92,79% Ce, 91,45% Nd, 90,95% Pr e 95,09% Sm foi obtida em pH ideal para o estudo de 1,3.

Os mecanismos de adsorção foram analisados sendo que os dados se ajustaram de acordo com modelo cinético de pseudo-segunda ordem e a isoterma de Langmuir.

Em relação a eluição, a resina carregada foi tratada com diferentes soluções de ácido (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HNO<sub>3</sub>) e a eluição máxima foi obtida com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, onde houve ~81% de recuperação dos ETR com 99% de pureza.

O processo para recuperação de Terras Raras do fosfogesso foi investigado por Virolainen, Repo e Sainio (2019), utilizando as resinas de troca iônica Purolite C150, Finex CS16GC (ácido forte) e Purolite S940 (aminofosfônica). E, como agentes de lixiviação, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e NaCl.

Com base nos experimentos em batelada, o rendimento de recuperação dos ETR e pureza no processo de estágio único foram maiores quando a resina quelante foi usada. A diferença foi significativa em múltiplos estágios, onde rendimentos de 45 a 74% foram obtidos. Com a resina quelante, 19,2 g kg<sup>-1</sup> foram obtidas em quatro estágios de corrente cruzada, enquanto que com um trocador de cátions de ácido forte, a carga foi de 5,6 g kg<sup>-1</sup>.

Os Elementos Terras Raras foram eluídos dos trocadores de cátions fortes usando uma solução saturada de cloreto de sódio, enquanto EDTA ou ácido clorídrico concentrado foi necessário no caso da resina quelante.

### 3.2 Estudos dinâmicos

A abordagem de estudos dinâmicos permite a avaliação dos parâmetros característicos de uma sorção de leito fixo, como tempos de ruptura, onde a concentração de íons metálicos no efluente é relacionada com a concentração de íons metálicos na solução em função do volume do eluente; tempos de saturação; comprimentos críticos do reator e comprimentos da zona de transferência de massa. Esses podem ser usados para projetar e avaliar o processo de sorção para a separação de íons de Terras Raras a partir de soluções aquosas. Na Tabela 2, são relatados estudos em colunas de leito fixo da sorção dos ETR em efluentes ácidos.

**Tabela 2:** Resinas utilizadas para estudos dinâmicos acerca da sorção de Terras Raras

Resina	Material tratado	Eluente	ETR estudado	Eficiência	Referência
Amberlite IRC747 e IRC748	Solução sintética de ETR(III)	HCl 2M pH 1,5 e 5,0	La	99,73% (Purolite S950)	(KOŁODYŃSKA; FILA; HUBICKI, 2020)
Lewatit Monoplus TP208					
Purolite S930, S940 e S950					
Dowex 50W-X8		Meio HNO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ce	Sorção 61,6% (Sulfato)	(MILLER; SIRIWARDANE; MCINTYRE, 2018)
		HNO <sub>3</sub>	Ce, Sm e Yb	294 mg g <sup>-1</sup> (Yb)	(MONAZAM <i>et al.</i> , 2018)
Bayer Co. S-100	Concentrado do tratamento da monazita	EDTA 0,015M pH 8,3	La, Pr e Nd	99,9% de pureza (Pr)	(ABDOU; ABDELFAHATTAH; WEHEISH, 2019)
		NH <sub>4</sub> EDT A 0,01M pH 4,0	La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd e Y	80% a 99,9% de pureza (Nd)	(QUEIROZ; SENEDA; PEDREIRA FILHO, 2015)
Amberlite IRN77 H	Amostras de planta hiper-accumuladora	HNO <sub>3</sub> 3M	La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd e Y	78% a 81,4% de pureza	(CHOUR <i>et al.</i> , 2018)

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

Kołodzyńska, Fila e Hubicki (2020) investigaram a sorção de íons  $\text{La}^{3+}$  de soluções ácidas para trocadores de íons quelantes com diferentes funcionalidades, Amberlite IRC748, Purolite S930 e Lewatit Monoplus TP208 com grupos funcionais iminodiacéticos, bem como Amberlite IRC747, Purolite S940 e Purolite S950 com grupos funcionais aminofosfônicos. Usando estudos estáticos e dinâmicos.

A capacidade máxima de equilíbrio para sorção de íons  $\text{La}^{3+}$  em regime batelada, pH 1,5 em meio de ácido nítrico, foi igual a  $89,20 \text{ mg g}^{-1}$  para Purolite S950, de acordo com a isoterma de Langmuir.

Os estudos dinâmicos utilizando ácido clorídrico como eluente em pH 1,5 e 5,0 confirmaram que a sorção era possível, especialmente usando trocadores de íons aminofosfônicos. Comparando os regimes propostos (pH 1,5), a mesma série de afinidade dos trocadores de íons para os íons  $\text{La}^{3+}$  foi alcançada: Purolite S950 > Purolite S940 > Amberlite IRC747 > Purolite S930 > Lewatit® Monoplus TP208 > Amberlite IRC748. Nos experimentos, em pH 5,0 a dessorção de íons  $\text{La}^{3+}$  prosseguiu com alto rendimento (66,61 - 99,73%), sendo a eficiência máxima para Purolite S950.

Miller, Siriwardane e McIntyre (2018) avaliaram o efeito do ânion na solução de nitrato de Ce e sulfato de Ce com resina Dowex 50W-X8. Os estudos do reator de fluxo líquido contínuo mostram que a capacidade de sorção para o nitrato de Ce foi de  $101,7 \text{ mg g}^{-1}$  e para o sulfato de Ce foi de  $134,9 \text{ mg g}^{-1}$ , com eficiências de 46,3% e 61,6%, respectivamente. Esses resultados indicam que o tipo de ânion afetou a capacidade de sorção, e o tempo de ruptura para o íon  $\text{Ce}^{3+}$  na forma de sulfato foi de 15,3% maior do que com a forma de nitrato.

Monazam *et al.* (2018) investigaram a sorção de Ce, Sm e Yb de soluções aquosas usando Dowex 50W-X8 em reator de leito fixo de fluxo contínuo. As capacidades de sorção da resina para  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$  e  $\text{Yb}^{3+}$  são 191, 252 e  $294 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente.

Os dados experimentais foram avaliados usando modelos de leito fixo para obter os melhores ajustes para curvas de ruptura características. O tempo de ruptura e a capacidade de sorção foram os mais altos para  $\text{Yb}^{3+}$ , que tem a maior taxa de carga e foram os mais baixos para  $\text{Ce}^{3+}$ . A cinética do processo de sorção segue um modelo de ordem zero e as análises confirmam que a difusão do filme é o mecanismo controlador no leito do reator.

Abdou, Abdelfattah e Weheish (2019) relatam a separação individual altamente pura de  $\text{Pr}^{3+}$  do concentrado de Elementos de Terras Raras, preparado a partir de ensaios de



monazita Rosetta. A separação com 99,99% de pureza do Pr dos elementos La e Nd foi alcançada usando a resina de troca iônica Dowex 50W-X8 e solução de EDTA 0,015 mol L<sup>-1</sup> a pH 8,3.

Queiroz, Seneda e Pedreira Filho (2015) avaliaram o fracionamento dos ETR de um concentrado brasileiro obtido a partir do tratamento da monazita, usando uma resina de troca iônica catiônica S-100, com 0,01 mol L<sup>-1</sup> de sal de amônio de EDTA a pH 4,0 como eluente, e obtiveram um óxido de neodímio altamente puro com rendimento  $\geq 80\%$ . Esse produto foi usado substituindo o importado em pesquisas e trabalho de desenvolvimento de Terras Raras no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear - São Paulo.

As soluções de nitrato dos ETR passaram continuamente por um sistema de 3 colunas em série, preenchidas com a resina. Os ETR carregados foram eluídos e coletados em frações. O sistema de troca iônica foi capaz de lidar com 10 kg de óxidos de Terras Raras, no total. Esta configuração produziu um eluato a partir do qual foi possível obter óxido de neodímio com rendimento de 80% e pureza entre 90 a 95%.

O óxido de neodímio obtido, foi ainda refinado, usando o mesmo procedimento, mas em cinco colunas conectadas em série e a capacidade máxima de carga do sistema foi de 500 g para totalidade dos elementos. Também obtidos pela metodologia, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $\geq 99,9\%$ , CeO<sub>2</sub>  $\geq 99,9\%$ , Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub>  $\geq 99,9\%$  e Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $\geq 99,9\%$ . O procedimento de purificação testado pode ser ampliado para um nível semi industrial.

Chour *et al.* (2018) investigaram a recuperação de Elementos Terras Raras provenientes da biomassa da planta hiperacumuladora *Dicranopteris dichotoma* coletadas dos rejeitos da mina de ETR na província de Jiangxi (China). Utilizando a resina catiônica Amberlite IRN77 H. O material tratado tinha em sua composição La, Nd, Ce, Pr, Sm, Y e Gd, continha ainda outros elementos como Mn, Mg, Pb, Si e Al.

Para eliminar elementos interferentes houve uma primeira eluição com HNO<sub>3</sub> 0,75M e a perda de ETR foi de 4%. Uma segunda eluição com concentração de 3M do ácido levou a eluição de 78% do conteúdo total de ETR com pureza de 81,4%.

### 3.3 Resina Impregnada Com Solvente (SIR)

Como citado, há técnicas consolidadas para a sorção de elementos Terras Raras. Entre elas, a extração por solvente é um método de separação simples e eficaz

(TORKAMAN *et al.*, 2013), porém, como sua principal desvantagem, a perda de extratante, emulsão e formação de terceira fase (NGUYEN *et al.*, 2013). A troca iônica é muito mais simples em comparação com a extração por solvente. No entanto, também apresenta desvantagens, como menor seletividade para íons metálicos e baixa taxa de absorção.

O conceito de resina impregnada com solvente (SIR) surgiu para combinar as características superiores da extração por solvente e da troca iônica. SIRs podem ser considerados como materiais alternativos de sorção, compostos por matriz polimérica impregnada com extratores líquidos iônicos. Na Tabela 3, são relatados estudos nos quais essa metodologia é empregada para sorção dos Elementos Terras Raras de efluentes ácidos.

**Tabela 3:** Resinas com extratores seletivos utilizadas para estudos acerca da sorção de Elementos Terras Raras

Resina	Material tratado	Meio	ETR estudado	Eficiência	Referência
Amberlite XAD-7 impregnada com Cyanex 272	Solução sintética de ETR(III)	HNO <sub>3</sub> 0,1M	La, Pr, Nd, Sm, Eu e Gd	85,7% (Pr) 94,4% (Nd)	(İNAN <i>et al.</i> , 2018)
Diaion HP-2MG impregnada com Cyanex 572		HCl 0,01M pH 1,8	Yb	20,24 mg L <sup>-1</sup>	(NAZARI; MCNEICE; GHAHREMAN, 2018)
Resina aminada enxertada com PAA, BPG e DTPADA		NaCl pH 2,5 a 6,5	Nd, Gd Ho	5,0 mg g <sup>-1</sup> (PPA)	(CALLURA <i>et al.</i> , 2019)
Resina sintetizada contendo ácido glicolâmico	Soluções sintéticas de ETR(III) e Al(III)	HCl 2M, pH 1,0	La, Ce e Sc	Adsorção seletiva do Sc	(NGUYEN <i>et al.</i> , 2016)
Amberlite IRA-910 enxertada com DEHDGA	Soluções sintéticas de ETR(III), Al(III) e Fe(III)	HCl pH 1,0 a 3,5	Lu e Y	Interferentes < 5% (pH 3,0)	(CUI <i>et al.</i> , 2020)
Resina PSt-DVB com SLIP	Soluções sintéticas de ETR(III), Al(III), Fe(III) e Ca(II)	HNO <sub>3</sub> e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sc, Y Nd e Dy	71,7-100% (Nitrato)	(AVDIBEGOVIĆ; REGADIÓ; BINNEMAN, 2018)

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

İnan *et al.* (2018) investigaram os comportamentos da extração de ETR (La, Pr, Nd, Sm, Eu e Gd) em solução de ácido nítrico para Cyanex 272 diluído em querosene impregnado na resina Amberlite XAD-7, por experimentos em batelada. O ácido bis(2,4,4-trimetilpentil) fosfínico, Cyanex 272, é um tipo ácido extratante organofosforado.

Dados experimentais revelaram que os coeficientes de distribuição ( $K_d$ ) dos ETR diminuem no intervalo de  $Gd > Eu > Sm > Nd > Pr > La$ , e indicaram que os ETR têm uma tendência a se comportar como dois grupos La, Pr, Nd e Sm, Eu, Gd que podem ser separados em duas frações. Os elementos leves foram deslocados pelos elementos mais pesados à medida que foram carregados. Os dados cinéticos se ajustam ao modelo de pseudo segunda ordem para todos os elementos.

A partir dos dados de separação com  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido nítrico, é claramente visto que Pr e Nd, tendo eficiências de 85,7% e 94,4% diferem de Sm, Eu e Gd com eficiências consideravelmente menores, 36,7%, 22,8% e 17,7%, respectivamente. Observando que a SIR tem mais afinidade por elementos mais pesados - Sm, Eu e Gd. O aumento adicional na concentração de ácido nítrico, em até  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  apresentou apenas um ligeiro aumento na eficiência de separação dos íons  $\text{Eu}^{3+}$ .

Nazari, McNeice e Ghahreman (2018) estudaram a extração seletiva de Elementos de Terras Raras pesadas de uma solução de lixiviação diluída utilizando resina impregnada com Cyanex 572 (SIR). Os dados adquiridos de adsorção de  $\text{Yb}^{3+}$  usando SIR foram bem ajustados pelo modelo de isothermas de Langmuir. Isso sugere que o processo de adsorção é explicado pela formação de cobertura em monocamada e a capacidade máxima de adsorção calculada foi de  $20,24 \text{ mg L}^{-1}$  para  $\text{Yb}^{3+}$ .

Callura *et al.* (2019) abordaram estudos sobre resinas aminadas que foram funcionalizadas enxertando três diferentes ligantes, nos adsorventes poliméricos, sendo, dianidrido dietilenotriaminopentaacético (DTPADA), ácido fosfonoacético (PAA) e N, N-bis (fosfonometil) glicina (BPG).

As tendências de absorção de lantanídeos foram avaliadas para a resina normal e funcionalizada, usando experimentos de adsorção em lote com uma mistura de Nd, Gd e Ho.

Estudos cinéticos revelaram que as resinas funcionalizadas seguiram uma cinética de ligação de pseudo-segunda ordem com taxas limitadas pela difusão intrapartícula. Estimativas de capacidade máxima para adsorção de ETR total com base em Langmuir, foram:  $0,12 \text{ mg g}^{-1}$  para resina aminada e 5, 3 e  $2,9 \text{ mg g}^{-1}$  para resinas PAA, BPG e

DTPADA, respectivamente. Anexar ligantes às resinas melhorou muito sua força de ligação e eficiência de adsorção.

Nguyen *et al.* (2016) realizaram estudos contínuos e descontínuos, relativos a uma nova resina sintetizada por pesquisadores na empresa Kuraray (Japão), contendo grupo ácido glicolâmico, para a separação de escândio de uma solução modelo contendo Sc, Ce, La e Al.

A resina mostra que a seletividade de adsorção de Sc sobre os outros metais foi obtida em pH 1,0. A cinética de adsorção foi lenta, e um tempo de contato de 24 h foi escolhido neste estudo. A capacidade de adsorção da resina para Sc em uma configuração de coluna foi de 7,0 mg mL<sup>-1</sup>, e foi eluído da resina carregada usando solução de HCl 2,0M a 80°C. O ponto de enriquecimento mais alto de escândio alcançado foi de 540 mg L<sup>-1</sup>.

Cui *et al.* (2020) realizaram a extração de Y<sup>3+</sup> e Lu<sup>3+</sup> avaliando o impacto de íons concorrentes, pela técnica de adsorção em batelada. A resina polimérica de poliestireno-divinilbenzeno, Amberlite IRA-910 foi enxertada com ácido bis(2-etilhexil) diglicolâmida (DEHDGA) e, avaliada em relação a resina DGA comercial para investigar seu comportamento de adsorção e separação de ETR em soluções diluídas.

A resina proposta demonstra maior seletividade para ETR na presença de Al<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup> em comparação com à resina DGA, seguindo a tendência: ETRP > ETRL >> Fe > Al. Estes resultados estabelecem que o esqueleto do polímero pode fornecer uma geometria favorável ao ligante DEHDGA para complexar ETR. Além disso, a resina foi reutilizada após quatro ciclos consecutivos sem perda substancial da capacidade de adsorção.

A adsorção de Al<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup> foi menos de 1,0% em pH 1,8 chegando a 17,92% para Fe<sup>3+</sup> em pH 3,5. E em comparação, a resina enxertada apresentou capacidades de adsorção significativamente eficientes, com baixo grau de competição, Al<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup> < 5,0% em pH 3,0.

Avdibegović, Regadío e Binnemans (2018) estudaram o carregamento de Sc, Y, Nd e Dy utilizando uma nova fase líquida iônica suportada (SILP) betainium sulfonil (trifluorometanossulfonilimida) poli (estireno-co-divinilbenzeno) na presença de elementos de base (Ca, Al, Fe) do lixiviado de resíduo da bauxita. A adsorção foi avaliada em meio de nitrato e de sulfato, pH de 0,5 a 2,5. O SILP exibiu uma afinidade superior para ETR em ambos os meios, exceto no caso de Sc<sup>3+</sup> na alimentação de sulfato. As taxas de recuperação das quantidades residuais de ETR da alimentação de nitrato foram notavelmente altas, entre 71,7% e 100%.

#### 4. CONCLUSÃO

O presente artigo é baseado em estudos estáticos que avaliam os efeitos dos parâmetros operacionais, como a concentração, a massa do trocador iônico, o tempo de contato, a concentração inicial dos Elementos Terras Raras, a temperatura, e estudos dinâmicos, que avaliam parâmetros característicos de uma sorção de leito fixo, como tempos de ruptura realizados globalmente acerca da eficiência de extração e separação dos ETR de recursos secundários, utilizando a rota hidro metalúrgica de troca iônica. Tecnologias foram desenvolvidas conforme a ocorrência dos elementos e viabilidade de engenharia, a fim de contribuir significativamente na criação de fluxogramas de processo para o setor tecnológico.

No entanto, foi observada avaliação de uma diversidade de agentes lixiviantes, eluentes e resinas, tornando-se assim, inviável chegar a um senso comum acerca das melhores condições a serem adotadas, ou seja, o melhor cenário para extração e recuperação dos ETR, pois os parâmetros indicados são relativos à especificidade da matriz a ser tratada.

Com a utilização da metodologia de troca iônica, a obtenção de concentrados de alto grau de pureza a baixo custo operacional é factível, pois trata-se de um processo tecnologicamente simples, capaz de eliminar a necessidade de um custo com unidade de separação sólido/líquido e permite a remoção eficiente de concentrações traço de metais das soluções, sendo particularmente útil no tratamento de grandes volumes de soluções diluídas.

Resinas de troca iônica convencionais com diferentes propriedades físico-químicas foram avaliadas e têm o importante potencial de contrabalançar parte da extração primária dos Elementos Terras Raras. Os resultados de desempenho dos trocadores iônicos deixam evidente a dependência da acidez das soluções e das concentrações empregadas e podem ser usados para compreender e otimizar o processo de remoção de ETR em resíduos diversos, onde vantagens de custo podem ser obtidas na regeneração da resina e por sua seletividade.

Os trabalhos citados indicam informações notáveis que podem corroborar para estudos futuros, e evidente desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo a técnica utilizando resinas impregnadas com solvente, pois essa tem um grande potencial de sucesso na extração e recuperação de Elementos Terras Raras por combinar as vantagens dos métodos de troca iônica e a extração por solvente, fazendo com que o processo seja otimizado e mais rentável.

Em conformidade ao objetivo do presente trabalho, nota-se que a recuperação de ETR de fontes secundárias é extremamente eficaz. No passado, o Brasil foi um grande produtor de urânio e sabe-se que a lavra e beneficiamento deste elemento gera excesso de águas residuais causadoras de graves impactos ambientais. Em consonância a revisão bibliográfica realizada, poderia ser aplicado no Brasil a recuperação de ETR provenientes da DAM, pois essa tem características coerentes aos efluentes encontrados na literatura. Seria portanto uma excelente opção para minimizar os danos ambientais, agregar valor aos resíduos da mineração de urânio e corroborar para o desenvolvimento econômico sustentável, porém a carência de tecnologia e falta de investimento são grandes empecilhos.

## REFERÊNCIAS

- ABDOU, A. A. *et al.* *Development of a procedure for spectrophotometric determination of Pr(III) from rare earth elements (REEs) concentrate.* **SN Applied Sciences.** Basingstoke, v. 1, n. 479, p. 1-9, 2019.
- ALBERTI, H. L. C. *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas impactadas pela drenagem ácida da mina de urânio – Osamu Utsumi, planalto de Poços de Caldas (MG).* Tese de Doutorado., IT/UNICAMP. Campinas: Brasil, 2017.
- AVDIBEGOVIĆ, D. *et al.* *Efficient separation of rare earths recovered by a supported ionic liquid from bauxite residue leachate.* **RSC Advances.** Londres, v. 8, p. 11886-11893, 2018.
- BRAGA, G. B. *A Química das Terras Raras e suas Potencialidades.* Trabalho de Conclusão de Curso., DBQIO/UFSJ. São João del-Rei: Brasil, 2014.
- CALLURA, J. C., PERKINS, K. M., BALTRUS, J. P., WASHBURN, N. R., DZOMBAK, D. A., KARAMALIDIS, A. K. *Adsorption kinetics, thermodynamics, and isotherm studies for functionalized lanthanide-chelating resins.* **Journal of Colloid and Interface Science,** Leiden, v. 557, p. 465-477, 2019.
- CAMPANER, V. P.; LUIZ-SILVA, W. *Processos físico-químicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil.* **Química Nova,** São Paulo, v. 32, n. 1, p. 146-152, 2009.
- CETEM (Centro de Tecnologia Mineral). *Disposição incorreta de resíduos gerou drenagem ácida de minas (DAM) na mineração de urânio em MG.* Poços de Caldas, Caldas, 2013. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=136>. Acesso em: 30 set. 2020.
- CHOUR, Z., LAUBIE, B., MOREL, J. L., TANG, Y., QIU, R., SIMONNOT, M. O., MUHR, L. *Recovery of rare earth elements from *Dicranopteris dichotoma* by an enhanced ion exchange leaching process.* **Chemical Engineering and Processing – Process Intensification.** Londres, v. 130, p. 208-213, 2018.



CUI, H., FENG, X., SHI, J., LIU, W., YAN, N., RAO, G., WANG, W. *A facile process for enhanced rare earth elements separation from dilute solutions using N, N-di(2-ethylhexyl)-diglycolamide grafted polymer resin*. **Separation and Purification Technology**. Londres, v. 234, n.1160961, p.1383-5866, 2019.

FILHO, P. C. S.; GALAÇO, A. R. B. S.; SERRA, O. A. *Terras raras: tabela periódica, descobrimento, exploração no brasil e aplicações*. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 10, p. 1208-1224, 2019.

FELIPE, E. C. B.; BATISTA, K.A.; LADEIRA, A. C. Q. *Recovery of rare earth elements from acid mine drainage by ion exchange*. **Environmental Technology**. Londres, v.49, p. 2721-2732, 2020.

GIESE, E.C. *Tendências europeias para o uso dos recursos de Terras-Raras*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, p. 28, 2017. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/handle/cetem/2093>. Acesso em: 30 set. 2020.

İNAN, S., TEL, H., Ş. SERT, Ş., ÇETINKAYA, B., SENGÜL, S., ÖZKAN, B., ATLAS, Y. *Extraction and separation studies of rare earth elements using Cyanex 272 impregnated Amberlite XAD-7 resin*. **Hydrometallurgy**, Londres, v. 181, p. 156-163, 2018.

KHAWASSEK, Y. M., ELIWA, A. A., HAGGAG, E. S. A. *Adsorption of rare earth elements by strong acid cation exchange resin thermodynamics, characteristics and kinetics*. **SN Applied Sciences**. Basingstoke, v. 1, n. 51, p.1-11 2018.

KOŁODYŃSKA, D.; HUBICKI Z.; FILA D. *Recovery of rare earth elements from acidic solutions using macroporous ion exchangers*. **Separation Science and Technology**. Lublin, v. 54, n.13, p. 2059-2076, 2019.

KOŁODYŃSKA, D.; FILA D.; HUBICKI Z. *Hide details Static and dynamic studies of lanthanum(III) ion adsorption/desorption from acidic solutions using chelating ion exchangers with different functionalities*. **Environmental Research**, Amsterdã, v. 191, n.46, p.625-639, 2020.

KUMARI, A., SINGH, S., PARMAR, K., PATHAK, D. D., JHA, M. K. *Treatment of monazite processed effluent to recover rare earth metals (REMs)*. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**. Amsterdã, v. 83, p. 421-429, 2020.

LIMA, P. *Recuperação de urânio e de terras raras do resíduo gerado no tratamento de águas ácidas*. 2014. Dissertação de Mestrado., UNIFAL. Poços de Caldas: Brasil. 2014.

MILLER, D. D.; SIRIWARDANE R.; MCINTYRE D. *Anion structural effects on interaction of rare earth element ions with Dowex 50W X8 cation exchange resin*. **Journal of Rare Earths**. Amsterdã, v. 36, n. 8, p. 879-890, 2018.

MONAZAM, E., SIRIWARDANE, R., MILLER, D., MCINTYRE, D. *Rate analysis of sorption of Ce<sup>3+</sup>, Sm<sup>3+</sup>, and Yb<sup>3+</sup> ions from aqueous solution using Dowex 50W-X8 as a sorbent in a continuous flow reactor*. **Journal of Rare Earths**. Londres, v.36, v.6, p.648-655, 2018.



MORAES, L. C.; SEER, H. J. *Recursos Minerais de Minas Gerais. Terras Raras*. Araxá: CEFET, 2018. Anual. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/terras-raras/>. Acesso em: 29 out. 2020.

MORAES, M. L. B., MURCIEGO, A., AYUSO, E. A., LADEIRA, C. Q. *The role of Al13-polymers in the recovery of rare earth elements from acid mine drainage through pH neutralization*. **Applied Geochemistry**. Amsterdã, v. 113, n. 104466, p. 543-556, 2020.

NAZARI, A. M.; MCNEICE, J.; GHAREMAN, A. *Selective heavy rare earth element extraction from dilute solutions using ultrasonically synthesized Cyanex 572 oil droplets and Cyanex 572-impregnated resin*. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**. Amsterdã v. 59, p. 388-402, 2018.

NGUYEN, N. V., LEE, J. C., JEONG, J., PANDEY, B. D. *Enhancing the adsorption of chromium(VI) from acidic chloride media using solvent impregnated resin (SIR)*. **Chemical Engineering Journal**, v. Amsterdã, v. 219, n.88 p. 174-182, 2013.

NGUYEN, N. V., LIZUKA, A., SHIBATA, E., NAKAMURA, T. *Study of adsorption behavior of a new synthesized resin containing glycol amic acid group for separation of scandium from aqueous solutions*. **Hydrometallurgy**, Sheffield v. 165, p. 51-56, 2016.

PAGE, M. J.; SOLDENHOFF, K.; OGDEN, M. D. *Comparative study of the application of chelating resins for rare earth recovery*. **Hydrometallurgy**, Sheffield, v. 169, p. 275-281, 2017.

QUEIROZ, C. A. S.; SENEDA, J. A.; PEDREIRA FILHO, W. R. *Preparation of High Purity Neodymium Oxide from Brazilian Monazite by Ion Exchange*. **Journal of Energy and Power Engineering**. Wilmington, v. 9, p. 616-621,

SENADO FEDERAL, *Revista de audiências públicas. Terras-Raras: Estratégia para o Futuro*. Brasília: Senado Federal. ano 4, n. 17, 2013. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/jornal/revista-em-discussao>. Acesso em: 14 set. 2020.

SOUZA FILHO, P. C.; SERRA, O. A. *Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas*. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014.

TORKAMAN, R., MOONSAVIAN, M. A., SAFDARI, M. MOSTAEDI, M. T. *Synergistic extraction of gadolinium from nitrate media by mixtures of bis (2,4,4-trimethylpentyl) dithiophosphinic acid and di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid*. **Annals of Nuclear Energy**. Amsterdã, v. 62, p. 284-290, 2013

USGS (United States Geological Survey). *Mineral Commodity Summaries 2020*. [S. l.: s. n.], DOI: <https://doi.org/10.3133/mcs2020>. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>. Acesso em: 15 set. 2020.

VIROLAINEN, S.; REPO, E.; SAINIO, T. *Recovering rare earth elements from phosphogypsum using a resin-in-leach process: Selection of resin, leaching agent, and eluent*. **Hydrometallurgy**, Sheffield, v. 189, p.105-125, 2019.



## A incorporação de serviços para o conhecimento na Cadeia Produtiva do Setor de Telecomunicações

Wilson Machado Enes<sup>1</sup>

### RESUMO

O artigo discute sobre os Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs) do ponto de vista das características das empresas prestadoras de serviços que pertencem à cadeia de telecomunicações, em particular, no segmento de telefonia fixa e móvel. As empresas analisadas nesta pesquisa atuam em atividades como desenvolvimento de software e aplicativos para utilização em celular, serviços de consultoria para empresas operadoras de telecomunicações, até empresas de equipamentos que prestam serviços de alto valor agregado. A metodologia utilizada foi a exploratória com amostragem intencional. Os resultados mostram uma alta porcentagem de empresas que fizeram inovação por meio de investimentos em P&D, aqui também entendido como atividades de engenharia e desenvolvimento de novo software, e usaram mão de obra qualificada. Também foram observadas outras características dos SPICs, como alta interação com o mercado e institutos de pesquisa e entre empresas multinacionais e locais. Além de confirmada, portanto, a existência de SPICs na cadeia produtiva de telecomunicações no Brasil e não somente um fenômeno de terceirização de atividades rotineiras pré-existentes nas empresas do setor.

**Palavras-chave:** Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs). Telecomunicações. Setor de Serviços.

---

<sup>1</sup>Graduado em Ciências Contábeis, Especialista em Direito do Trabalho e Mestre em Administração pela Universidade Paulista – UNIP. Também possui Mestrado em Gestão Empresarial e Auditoria pela Universidad Europea del Atlántico – UNEATLANTICO/UNINI, Espanha. Atualmente é proprietário da empresa Cálculo Exato Associação Contábil LTDA, Divinópolis – MG, Brasil. E-mail: [wilsonenes50@gmail.com](mailto:wilsonenes50@gmail.com).

## ***Development The incorporation of services for knowledge in the Productive Chain of the Telecommunications Industry***

### **ABSTRACT**

*The article discusses Knowledge Intensive Productive Services (SPICs) from the point of view of the characteristics of service providers that belong to the telecommunications chain, particularly in the fixed and mobile telephony segment. The companies analyzed in this research work in activities such as the development of software and applications for use in cell phones, consulting services for telecommunications operators, even equipment companies that provide high added value services. The methodology used was exploratory with intentional sampling. The results show a high percentage of companies that made innovation through investments in R&D here also understood as engineering and new software development activities and used skilled labor. Other characteristics of SPICs were also observed, such as high interaction with the market and research institutes and between multinational and local companies. In addition to confirming, therefore, the existence of SPICs in the telecommunications production chain in Brazil and not just a phenomenon of outsourcing of pre-existing routine activities in companies in the sector.*

**Keywords:** *Knowledge Intensive Business Service (KIBs). Telecommunication. Services Industries.*

Artigo recebido em: 19/07/2021

Aceito em: 29/10/2021

## 1. INTRODUÇÃO

O propósito desta pesquisa é compreender a cadeia produtiva do setor de telecomunicações sob a perspectiva das características e dinâmica da inovação das empresas que participam do segmento dos Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs<sup>2</sup>) no Brasil. As questões que direcionam este trabalho procuram identificar qual é a natureza, o nível de complexidade e de interação entre as empresas que fornecem esses serviços.

Questiona-se qual é a natureza das atividades dos fornecedores de serviços especializados para as empresas de telefonia no Brasil? É adequado aplicar o conceito de firmas intensivas em conhecimento ao se analisar o setor de serviços de telefonia, na área brasileira de telecomunicações? Caso a resposta para esta pergunta seja positiva, discute-se, ainda, qual o papel econômico que essas firmas desempenham, ou seja, qual a receita gerada por essas atividades dentro da cadeia de valor de serviços de telefonia e qual o grau de complexidade de suas atividades? Pode-se afirmar que são firmas promotoras e corresponsáveis pelo processo inovativo da produção de serviços de telefonia?

Nessa perspectiva, faz-se necessária a compreensão do contexto de intensas mudanças ocorridas nas atividades industriais, que resultaram na ampliação e diversificação da demanda de serviços complementares ao processo produtivo, além de compreender o conceito de SPICs propriamente dito, conforme será discutido na sequência do artigo. O processo de inovação e a construção de encadeamentos dinâmicos de cooperação inter-firmas constituem-se como respostas das grandes corporações às incertezas associadas às condições econômicas e aos riscos inerentes às novas trajetórias tecnológicas. Por exemplo, com a reestruturação das indústrias a partir dos anos 70, muitas delas desenvolveram estratégias de produção flexível com o foco na sua atividade principal (*core competence*) e externalizaram outras atividades, incluindo serviços. Essas mudanças organizacionais e produtivas vêm demonstrando a preocupação das empresas no sentido de focar suas atividades em funções diretamente relacionadas com a atividade principal. Assim, com a terceirização de serviços-meio<sup>3</sup>, muitas atividades que eram contabilizadas como indústria

---

<sup>2</sup>Termo conhecido na língua inglesa como *Knowledge Intensive Business Services* (KIBS), traduzido neste artigo como Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs). São, em outras palavras, empresas de serviços empresariais intensivas em conhecimento.

<sup>3</sup>Serviços-meio são atividades de suporte que apoiam a atividade principal da firma.

de transformação nos sistemas de contabilidade nacionais<sup>4</sup> agora são atividades especializadas do setor de serviços.

A aceleração da mudança, com o processo de globalização verificado pela liberalização e desregulamentação dos mercados, trouxe tecnologias com um alto grau de complexidade e alto valor de investimento. Assim, o aumento da difusão da informação, comunicação e conhecimento requerem das empresas flexibilidade e adaptabilidade. Essas empresas fazem inovações no sentido amplo, incluindo desenvolvimento tecnológico, estratégia de *marketing* e novas práticas gerenciais. O gerenciamento da inovação significa para Tidd *et al.* (2001) que as corporações devem integrar as tecnologias com inovações de mercado e organizacionais. O incremento do processo de aprendizado é fundamental para o crescimento e competitividade das firmas. O gerenciamento da inovação e o fato dele exigir integração das dimensões tecnológica, organizacional e mercadológica tem importância fundamental para a compreensão das diferentes formas de inovação dos SPICs.

Strambach (2001) enfatiza que muitas discussões recentes sobre pesquisa em inovação têm alterado o entendimento da mudança tecnológica, aceitando diferentes visões sobre o papel e a função dos SPICs na economia. A base científica é fundamental para as inovações tecnológicas e pesquisas. Esse tipo de inovação converge somente para inovações complexas ocorridas no final dos anos 90.

## **2. SERVIÇOS PRODUTIVOS INTENSIVOS EM CONHECIMENTO: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL**

Conforme ressalta Strambach (2001), as organizações que se enquadram na categoria de SPICs, são: *i*) empresas que fornecem serviços para outras firmas ou instituições públicas, isto é, possuem como clientes as empresas e não os usuários finais dos serviços; *ii*) empresas de serviços intensivas em “conhecimento”, não incluindo, portanto, serviços de reparos e manutenção ou serviços rotineiros, e *iii*) empresas que estimulam a inovação ou produzem um efeito de “*spillover*”, ou “transbordamento de conhecimento”, nas áreas em que estas empresas proveem os serviços.

---

<sup>4</sup>Para mais informações sobre a utilização de macro-estatísticas para examinar a contribuição dos serviços para toda a atividade econômica, ver Tomlinson (2000). O autor mostra evidências que sugerem um forte impacto positivo nos serviços produtivos, com implícito uso de serviços por clientes corporativos, tendo impactos que podem ser demonstrados no nível macro.

Uma característica crucial é que as empresas de SPICs têm uma interação e comunicação intensiva que acontece entre empresas usuárias e fornecedoras do conhecimento. Nesse processo de geração do serviço, as relações de comercialização de SPICs envolvem incerteza e assimetria de informações. Nesse caso, o serviço prestado promove a evolução qualitativa do fator conhecimento, por isso difere da compra de um produto padronizado. Serviços intensivos em conhecimento são fornecidos por empresas de diferentes ramos de atuação, inclusive de serviços que não existiam há alguns anos. Tais empresas surgem rapidamente com capacidade de responder às recentes demandas do mercado no processo de reestruturação produtiva, que exige flexibilidade e competência para resolver problemas corporativos.

Nählinger (2002) define os SPICs como novos serviços recentemente reconhecidos na classificação industrial, que se referem à economia do conhecimento e do aprendizado. São firmas que ajudam no aprimoramento das competências de outras firmas com o objetivo de se tornarem inovativas, além de elas próprias promoverem inovação. Os SPICs são produtores e usuários do conhecimento. Esta definição considera a informação (desincorporada) e o fluxo de informação entre diferentes organizações que têm a habilidade de receber o conhecimento tácito e codificá-lo (MULLER E ZENKER, 2001). Nesse sentido, deve-se considerar no processo de inovação a capacidade de integrar diferentes fontes de informação e conhecimento intra e inter-firmas.

Os SPICs podem ser vistos a partir de uma perspectiva sistêmica como componente do Sistema Nacional de Inovação (SNI). O SNI pode ser descrito, segundo Fischer (2001), em quatro blocos que agrupam agentes que possuem características semelhantes entre si. Nesse contexto, o Setor Industrial é composto por empresas de manufatura e seus laboratórios de P&D. Já o Setor Científico é representado pelas organizações com o foco na educação, com a responsabilidade da formação de mão de obra qualificada, bem como pelas universidades e outros centros de pesquisa, que têm o papel fundamental de realizar pesquisa, gerando conhecimento e produzindo a documentação em forma de publicações científicas. O Setor Institucional é representado pelas instituições que coordenam as relações e acordos de mercado. Por fim, os SPICs são compostos por organizações ou unidades dentro de grandes organizações que proporcionam assistência e apoio a empresas industriais para o desenvolvimento e/ ou produção de novos produtos ou processos. Além de outras empresas que atuam em segmentos como serviços financeiros, transportes, hospitais, etc. Esses podem assumir forma de conselho técnico (por exemplo, sobre *software* ou serviços de informática), *marketing*, ou atividades relacionadas à formação de novas tecnologias. Nesse contexto, o

papel dos SPICs como difusores da tecnologia é contribuir para o processo de inovação de outras empresas.

Cabem ressaltar as divergências entre os autores sobre essas diferentes abordagens, envolvendo também diferentes interpretações conceituais. No entanto, o relatório final do projeto europeu *Services in Innovation - Innovation in Services (SI4S)*, concluiu que os SPICs são fundamentais para a transformação dos clientes em firmas, bem como em organizações de aprendizagem dinâmica, além de serem agentes no sistema nacional de inovação (HAUKNES, 1998).

**Quadro 1:** Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs)

<b>SPICs 1: Serviços Profissionais Tradicionais propensos a serem usuários de novas tecnologias</b>
▪ <i>Marketing</i> , propaganda
▪ Treinamentos (em novas tecnologias)
▪ <i>Design</i> (serviços que utilizam novas tecnologias)
▪ Alguns serviços financeiros
▪ Serviços de escritório (que utilizam novos equipamentos)
▪ Serviços de construção (engenharia, arquitetura, serviços que utilizam novos equipamentos e novas tecnologias, incluindo sistema de gestão)
▪ Consultoria (e outros que utilizem novas tecnologias)
▪ Contabilidade
▪ Serviços jurídicos
▪ Serviços ambientais (não baseados em tecnologias elementares)
<b>SPICs 2: SPICs baseados em novas tecnologias</b>
▪ Redes de computadores/telemática (exemplo: VANs, <i>database on-line</i> )
▪ Alguns serviços de telecomunicações (especialmente novos negócios) *
▪ <i>Software</i> *
▪ Outros serviços relacionados à computação
▪ Treinamento em novas tecnologias
▪ <i>Design</i> que utilize novos equipamentos de escritórios
▪ Serviços de escritório (especificamente aqueles que utilizem TI)
▪ Consultorias que utilizam novas tecnologias*
▪ Engenharia técnica*
▪ Serviços ambientais que utilizam novas tecnologias, exemplo: intermediando, monitorando, serviços de laboratório/científico.
▪ Consultoria em P&D e em alta tecnologia*

\*Nota: SPICs estudados nesta pesquisa.

Fonte: Miles, I. (1995) *apud* Roberts, J. (2000, p. 13).

Para ser possível categorizar as atividades dos SPICs neste artigo, foi utilizada a definição de Miles (1995), que identifica dois tipos: o primeiro consiste em serviços tradicionais, enquanto o segundo refere-se a serviços vinculados à geração de novas



tecnologias (veja o Quadro 1). Esse segundo grupo, ou seja, SPICs 2, reflete o foco de interesse para a pesquisa em questão, por ser um grupo composto de agentes que produzem e transferem conhecimentos baseados em novas tecnologias, conforme exemplifica SPICs 2, citado no Quadro 1.

O setor de telecomunicações passa constantemente por mudanças, em parte pela abertura de mercado e privatização. O dinamismo tecnológico é um fator determinante para garantir a competitividade das empresas que atuam nesse segmento. As configurações tecnológicas e organizacionais futuras da área são determinadas por esse dinamismo. Muitos trabalhos foram desenvolvidos com empresas transnacionais fabricantes de equipamentos de telecomunicações. Destaca-se, entre eles, o de Galina (2003), com o objetivo de verificar as tendências do desenvolvimento local para o desenvolvimento de produtos. Conforme será discutido *a posteriori*, as dificuldades de estudos do setor de serviços são grandes em função das classificações não avançarem com a mesma rapidez que os fenômenos que ocorrem nos mercados.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa está estruturada com base em um *survey*, realizado pelo autor entre 2016 e 2017, de empresas do setor de serviços intensivos em conhecimento de telefonia. Esse *survey* permite a caracterização dos SPICs nesse setor, compreendendo a intensidade de conhecimento agregado à cadeia de valor, o entendimento da organização da prestação de serviços nesse segmento e sua dinâmica de inovação.

O foco de investigação são empresas desenvolvedoras de *software* para os serviços de telefonia, consultorias e empresas de equipamentos (ou seja, o foco está nos fornecedores de SPICs), caso estas desenvolvam serviços de alta tecnologia para os seus clientes corporativos em atividades centrais para o seu funcionamento e que, principalmente, agreguem conhecimento ao negócio. Essas duas áreas (desenvolvimento de *software* e telecomunicações) têm grande participação na receita do setor de serviços e são áreas em que a inovação tem acontecido rapidamente, justificando o foco na interação entre elas.

Serão consideradas nesta pesquisa, portanto, as empresas de serviços que atuam em atividades de informática – fornecedoras de *software* para empresas de telecomunicações – pesquisa e desenvolvimento (P&D), serviços prestados às empresas (serviços de engenharia, de assessoramento técnico especializado, ensaios de materiais e de produtos, análise de

qualidade). A pesquisa foi realizada por meio de uma amostra intencional de empresas de SPICs integrantes da cadeia produtiva do setor de telecomunicações. Justifica-se esta escolha pela necessidade de construir um questionário para produzir os dados primários deste estudo, uma vez que não é possível selecionar o setor de SPICs em telecomunicações, a partir das bases de dados primários já existentes, como por exemplo a PAEP. Este é um estudo exploratório, e segundo, não há um cadastro ou registro a partir do qual fosse possível montar uma amostra. Nesse sentido, foi importante uma fase exploratória inicial para captar indicações que permitissem construir uma amostra.

Os profissionais inicialmente entrevistados na pesquisa exploratória deram subsídio ao orientar sobre quais seriam os principais atores do setor que poderiam ser objeto de interesse e inclusão na amostra para a realização deste trabalho. Nessa etapa, o interesse também foi de identificar, internamente nas empresas, quais seriam as pessoas mais indicadas para responder à pesquisa. Este informante seria o principal contato para a obtenção dos dados.

A pesquisa exploratória sobre o mercado de telecomunicações, por meio da técnica de entrevistas semiestruturadas, foi a primeira etapa da pesquisa de campo, com o objetivo de obter os dados para mapear o setor de telecomunicações e entender os principais processos dessa cadeia produtiva. De acordo com Yin (2002), as entrevistas semiestruturadas são aplicadas para temas complexos e conduzidas pelo entrevistador através de um roteiro de questões sobre o tema.

Com base na pesquisa exploratória, foram definidos os seguintes critérios para a construção da amostra: Empresas inseridas na cadeia de telecomunicações que desenvolvem atividades de serviços; Empresas que fazem atividades de desenvolvimento de *software*; Empresas que possuem um potencial inovador; Empresas citadas durante a entrevista exploratória e indicadas por órgãos do setor, como a Abeprest e Telebrasil.

Para atingir o objetivo de verificar o posicionamento das empresas fornecedoras de serviços de alto valor agregado na cadeia de telecomunicações, foram elaboradas entrevistas presenciais e aplicados questionários eletrônicos. Essas interações foram levantadas a partir da pesquisa empírica, que questionava as empresas quanto a seus principais clientes e fornecedores.

Nessa etapa empírica, a maioria das empresas que participaram da amostra foram fornecedores de equipamentos e integradores de sistemas para operadoras de telefonia fixa e móvel, centros de pesquisa e desenvolvimento e empresas de desenvolvimento e

consultoria integradoras de sistemas, de origem de capital nacional e estrangeiro. As operadoras entrevistadas tinham questões diferenciadas dos fornecedores, pois o objetivo era verificar a percepção destas empresas quanto aos serviços contratados.

As empresas entrevistadas, que foram identificadas para compor a amostra, estão listadas no Quadro 2, representadas pelo setor de informática, centros de pesquisa e desenvolvimento e operadoras do sistema de telecomunicações.

**Quadro 2:** Classificação das empresas de SPICs integrantes da amostra da pesquisa

Desenvolvimento de <i>software</i> e novos serviços (15 empresas)	Compera, Amdocs - Brasil Ltda., Telefônica I+D Atos Origin Brasil, Microsoft, Visent, Telcordia, Dynamic Tecnologia, Cleartech, DBA, Tecnológica, Omni, Trópico, Totvs, CPM Braxis
Fornecedores de equipamentos e integradores de sistemas (5 empresas)	Bull Ltda., Ericsson, Radiante, Mantel, Siemens Brasil
Centros de pesquisa (2 empresas)	CPqD Fitec
Operadoras (2 empresas)	Cliente A Cliente B
<b>Total:</b> 24 empresas pesquisadas	

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

As empresas fornecedoras de equipamentos foram inseridas na amostra porque também atuam fornecendo atividades de serviços. O questionário da pesquisa foi elaborado seguindo o raciocínio apresentado no Quadro 3, que mostra os indicadores utilizados.

**Quadro 3:** Principais indicadores/variáveis para a realização da pesquisa

<b>1. Relativas às formas de atuação das empresas Fornecedoras de SPICs</b>
<b>Características estruturais da firma:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Origem do capital (público ou privado; nacional ou estrangeiro)</li> <li>● Tipo de empresa (independente ou parte de um grupo)</li> <li>● Localização do capital controlador</li> <li>● Número de funcionários</li> </ul>
<b>Características de interação e atividades inovativas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Principais clientes na cadeia produtiva; realização de atividades inovativas; grau de novidade da inovação (empresa, mercado nacional ou internacional); grau de novidade tecnológica (aprimoramento ou algo novo)</li> <li>● Origem da inovação (empresa, empresa do grupo, cooperação com outras empresas, institutos de pesquisa); contratação de engenheiros de desenvolvimento de <i>software</i>; volume médio investido em atividades inovativas; fonte de financiamento de atividades inovativas; tipos de cooperação para desenvolvimento de projetos de conteúdo tecnológicos; grau de impacto da inovação; fontes de informação para atividades inovativas; qualificação de funcionários envolvidos com as atividades inovativas</li> </ul>

Continua...

... Conclusão

<b>2. Relativas às formas de atuação das empresas Clientes de SPICs</b>
● Investimento em engenharia e desenvolvimento de <i>software</i>
● Despesas internas em atividades de engenharia e desenvolvimento de <i>software</i>
● Despesas em contratação de atividades de engenharia e desenvolvimento de <i>software</i>
● Número de funcionários e qualificação das pessoas envolvidas com engenharia e desenvolvimento de <i>software</i>
● Principais fornecedores de serviços de alta tecnologia, intensivos em conhecimento
● Quais as atividades desenvolvidas pelas empresas contratadas
● Essas atividades foram determinantes da atividade inovativa
● Qual o papel desses fornecedores no processo inovativo da empresa
● Apropriabilidade do conhecimento na relação cliente <i>versus</i> fornecedores
● Qualificação de funcionários que trabalham com projetos inovativos

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

Algumas questões foram inseridas com base nos questionários aplicados para a Paep e pela Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – Pintec, desenvolvidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). Foram associadas questões qualitativas para entender como era desenvolvida a inovação desse ponto de vista, bem como as especificidades do setor de serviços. Os dados foram obtidos por meio de entrevistas semiestruturadas, realizadas na ocasião das visitas às empresas e preenchimento do questionário. Os principais indicadores utilizados para analisar as questões propostas neste trabalho conforme mostra o Quadro 3. Essas variáveis foram utilizadas para criar indicadores e compreender as atividades tecnológicas desenvolvidas por essas empresas no mercado.

#### **4. NATUREZA DOS SPICs E A CADEIA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES**

Neste item, serão apresentadas as principais discussões da pesquisa de campo realizada junto às empresas entrevistadas, com o objetivo de retomar a questão sobre a dinâmica do mercado desse segmento e levantar qual o papel da empresa multinacional e nacional nesse contexto de SPICs, por meio da identificação da natureza das atividades desenvolvidas na cadeia produtiva. Pretende-se discutir como se configuram as atividades tecnológicas das empresas nacionais e multinacionais no segmento de serviços de telecomunicações, em que medida existem serviços de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nessas empresas, quais as capacitações requeridas para tal atividade e compreender, de forma mais ampla, o conceito de inovação em SPICs.

Com o objetivo de orientar a formação de agregados e facilitar a classificação das empresas integrantes da amostra, optou-se por definir quais as demandas tecnológicas do segmento de telecomunicações, identificando os serviços/produtos ou soluções de mercado ofertados, sobre o modelo de descrição de processos operacionais. O tratamento dessas informações é relacionado com clientes e parceiros, ou com a rede e os serviços. Dessa forma, foram definidas tecnologias e soluções para suporte a cada um dos processos-chave da cadeia de valor de serviços de telecomunicações.

A partir das entrevistas, foi possível elaborar essa visão das macro-relações existentes na estrutura desse mercado. As principais atividades de SPICs (essencialmente engenharia e desenvolvimento de *software*) encontram-se como parte das operações e serviços de integração. A ideia principal é de que produtos e serviços em telecomunicações se complementam. Davies *et al.* (2001) argumentam nesse mesmo sentido e afirmam, ainda, que as empresas desse setor desenvolvem quatro tipos de atividades. Manufatura de componentes e subsistemas, integração de sistemas, operações e serviços, sendo estas duas últimas integradas com maior intensidade. Os serviços, apresentados no Quadro 4, foram eleitos pela frequência das respostas. Revelam uma alta necessidade de conteúdo tecnológico e conhecimento especializado em sua realização. Essa evidência é observada pela alta taxa de pessoas alocadas em atividades de P&D nos serviços que, nesta amostra, foi de 66%, conforme será discutido adiante.

**Quadro 4:** Tipos de serviços ofertados pelas empresas de SPICs da amostra, para a cadeia de telecomunicações

<b>Serviços ofertados pelas empresas de SPICs da amostra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entretenimento (música, vídeo, <i>blog</i>).</li> <li>● Automação de equipes de campo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Integração de Sistemas, <i>Billing</i>, <i>Data Centers</i>, Segurança, Fornecimento de Produtos de TI (Servidores, <i>Roteadores</i>, <i>Switchs</i>, etc.).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● CRM, Mediação, Interconexão, Conteúdo, Aprovisionamento e Tramitação, Captura de Ordens; Implementação, Consultoria estratégica.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Integração de Serviços, automatização de <i>call centers</i>, soluções de mensagem e mobilidade, solução para hospedagem de sites, CRM.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Consultoria, <i>Design</i>, Instalação, Integração, Manutenção e Operação de Redes de Telecomunicações.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>OSS/BSS</i> – Sistema de Suporte a Operação para o Gerenciamento de QoS e Desempenho de Rede baseado no tratamento on-line de registros de uso de rede (CDR, IPDR), <i>Professional Services</i> – Suporte e manutenção, treinamento e implantação de processos operacionais.</li> </ul>

Continua...

## ... Conclusão

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de Suporte a Operações e a Negócios (Sistemas de <i>Software</i>) voltados para: Gerência da Planta, Gerência da Força de Trabalho, Gerência de Centrais, Tarifador Convergente, Supervisão de Rede Óptica e Supervisão de Telefonia Pública. Ensaio envolvendo Interoperabilidade de Terminais para empresas celulares. Desenvolvimento de Sistemas de <i>Software</i> sob demanda.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gestão de <i>co-billing</i>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construção de Redes de Acesso Metálicos, Construção de Redes de Acesso Ópticos, Construção de <i>Backbones</i> Ópticos, Comunicação de Dados, Implantação de Rádio Enlaces, Implantação de Estação Terrena de Satélite, Infraestrutura / expansão Telefonia Celular, Implantação SDH.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Execução de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento envolvendo desenvolvimento de Hardware, <i>Software</i> e mecânica.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comutação Digital de Circuitos (rede fixa), Unidades autônomas e cabeceiras, centrais trânsito, Redes de sinalização SCC#7, Plataformas de Serviços, Plataformas Anti-fraude, redes de nova geração, (NGN e IMS), serviços de suporte, manutenção e operação assistida.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Serviços de Tecnologia de Informação (Suporte a servidores e estações de trabalho, usuários, manutenção de equipamentos de comunicação e de TI, <i>help desk</i>)</li> </ul>

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

A apresentação dos principais processos realizados pelas operadoras do sistema de telefonia será feita a partir do modelo de referência do *Enhanced Telecom Operations Map*® (eTOM)®. Esse modelo descreve todos os processos necessários para o funcionamento de uma operadora de telefonia, além de explicitar as relações de mercado na cadeia de produção de serviços para a indústria de telecomunicações. Os serviços ofertados têm um papel de importância na cadeia do eTOM. Com o intuito de definir quais as demandas tecnológicas do segmento de telecomunicações, foram identificados os serviços/produtos ou soluções de mercado ofertados, no modelo de descrição de processos operacionais em telecomunicações - o modelo eTOM. Assim, percebe-se que é possível criar uma classificação das demandas tecnológicas de serviços intensivos em conhecimento relacionando ao modelo do eTOM.

A partir das particularidades de cada etapa do processo e os serviços clássicos demandados nesse mercado, foram verificados alguns exemplos de sistemas de suporte utilizados. As competências para o desenvolvimento dessas atividades são no sentido de desenvolver *softwares*, customizar e suportar soluções tecnológicas para as operadoras. Para tanto, os três níveis do modelo eTOM são atendidos: Sistemas de Suporte ao Negócio (BSS), *Assurance* e Portais centrados nos clientes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são analisados os indicadores obtidos a partir da pesquisa de campo realizada nas empresas fornecedoras de serviços, além de explicitar quais são as características do processo inovativo dessas empresas que prestam serviços de alto valor agregado para clientes de telecomunicações. A inovação tecnológica nas empresas do setor terciário tem sido um tema de debate internacional, à medida que os serviços começam a se tornar comercializáveis. O aumento do interesse por esse tema, por parte de órgãos públicos internacionais, tem um reflexo direto na proposição de políticas para o desenvolvimento econômico. A necessidade de incorporar esse debate nas discussões de âmbito nacional é um fator preponderante para a criação de novas possibilidades de crescimento para empresas que têm o conhecimento como principal produto. A capacidade inovativa das empresas de serviços nos países em desenvolvimento pode ser uma “janela de oportunidade” para superar o atraso no desenvolvimento econômico e uma possibilidade de fomentar empregos qualificados no país.

Essa abordagem pode ser mais bem entendida com dados agregados em grande volume, bem como em pesquisas com enfoque nos microdados das empresas, que esta seção se propõe a discutir. Do ponto de vista do interesse empresarial, o tema inovação torna-se uma nova abordagem de mercado, em que as empresas mais flexíveis, principalmente as que desenvolvem *software*, já vem realizando. No entanto, os dados econômicos não conseguem captar com tanta propriedade esses novos modelos de negócio que se estruturam com o objetivo de atender às novas demandas do setor produtivo. Portanto, a necessidade de entender qualitativamente algumas das mudanças nos processos de prestação de serviços dessas firmas e destacar o caráter cumulativo e variado do esforço pela busca da inovação, é respondida por parte das análises feitas nos próximos itens.

### 5.1 Inovação e intensidade em P&D

A taxa de inovação tecnológica nas empresas entrevistadas foi de 77%, destacando as que fizeram pelo menos uma inovação tecnológica de produto ou processo no período de 2013 a 2016. Esse valor pode ser considerado alto, se comparado, por exemplo, com os dados da PAEP (2001) em que, mesmo nos setores mais inovadores como informática e telecomunicações, as empresas perfizeram 29,73% e 14,88%, respectivamente. Como o



objetivo dessa pesquisa é justamente estudar as características das empresas inovadoras nesse setor, esse recorte da amostragem é adequado.

Ainda assim, seria possível argumentar, para o caso da amostra desta pesquisa, como em uma amostra de SPICs pode ocorrer 23% de empresas que não inovaram? Já que, de acordo com a definição utilizada, as empresas de SPICs fazem essencialmente inovações para seus clientes. As respostas apontam para uma possível diversificação de atividades que estão na trajetória das terceirizações, ou seja, atividades vinculadas a processos que envolvem maior rotina no provisionamento de serviços para os seus clientes. Por exemplo, a implantação de rádio e estações terrenas de satélite que permitem acessos de voz, dados e imagem. Há alguns anos, várias empresas eram contratadas para construir os acessos, de acordo com a tecnologia adotada. Atualmente, já existem empresas que possuem soluções sofisticadas tecnologicamente, que fazem o processo completo, aumentando a rapidez e a qualidade da implantação. Como consequência, promovem a diminuição de preços devido ao aumento de escala, sendo atendidas por um só fornecedor, com diminuição de custos administrativos. Nessa mesma linha, alguns serviços de operação, manutenção, implantação de sistemas de telecomunicações tendem a ser serviços terceirizados na cadeia produtiva. Em linhas gerais, as operadoras tendem a subcontratar as atividades de rotina, como a operação da rede, onde não há valor agregado e outras empresas têm essa competência-chave, podendo executar tais tarefas com maior produtividade, qualidade e a custos reduzidos.

A decisão de incluir produtos, processos e serviços na mesma questão ocorreu porque no setor de serviços estes dois conceitos são interdependentes e muitas vezes sobrepostos. Essa foi a mesma concepção da PAEP, que em 2001 elaborou a questão com esta mesma característica. As empresas de serviços de alta intensidade tecnológica, com mais de 10 pessoas ocupadas, apresentaram taxas de inovação acima das observadas na indústria, segundo a Pintec (2005). Nessa pesquisa de inovação tecnológica, realizada pelo IBGE referente ao período de 2013 a 2015, foram incorporadas empresas de serviços de telecomunicações, informática e Pesquisa e Desenvolvimento. Os resultados apontam que, entre as 3,8 mil empresas de informática, 57,6% afirmaram ter feito inovações de produto ou processo. Entre as empresas de telecomunicações, das 393 empresas, 45% implementaram produto ou processo tecnologicamente novo. Já nas 42 empresas de serviços de pesquisa e desenvolvimento, 97,6% apresentaram inovações, coerentes com a natureza das atividades. Enquanto na indústria, mantendo-se o corte de 10 pessoas ocupadas, com a

participação de 91 mil empresas no ano de 2015, a taxa de inovação foi de 33,3%, mantendo-se o comportamento do período anterior da mesma pesquisa (33,4%).

Esses dados mostram que a taxa de inovação nesta pesquisa pode ter sido influenciada por alguns dos motivos citados no item dificuldades para inovar, como custos e riscos econômicos, que serão discutidos à frente. Nählinder (2005) seleciona os setores potenciais de SPICs, destacando atividades relacionadas a informática, pesquisa e desenvolvimento e outras atividades empresariais (setores 72, 73 e 74 ISIC<sup>5</sup>, respectivamente), apontando 81,2% de inovação no *survey* de empresas pesquisadas no período de 2000 a 2002, na Suécia. Nessa pesquisa, o autor utilizou duas bases de dados de pesquisas sobre inovação. A primeira CIS2 – *Community Innovation Survey II* – no período dos anos de 1994 a 1996, composta por empresas com mais de 10 funcionários. A outra base foi de uma agência que visa o crescimento econômico e desenvolvimento regional na Suécia, a NUTEK. Um dos seus serviços é fornecer bases com dados estatísticos sobre a Suécia, onde foi utilizada uma base com mais de 20 funcionários, no período de 1996 a 1998.

Mais relevante que essa porcentagem de empresas é a compreensão dos produtos de seu processo inovativo, descritos no Quadro 5. No questionário, foi solicitado ao informante que citasse, por ordem de importância, os principais produtos, serviços ou processos tecnologicamente novos ou significativamente aperfeiçoados na empresa no período de 2013 a 2016, que atenderam aos clientes de telecomunicações, segundo o critério de expansão dos negócios ou eficiência, indicando as novidades e explicando as características e benefícios da inovação. No Quadro 5 são listadas as inovações dos fornecedores de SPICs. Essas são as inovações de produtos e serviços que se referem às 22 empresas e são inovações que trazem o benefício direto para o cliente, agregando valor ao negócio. No Quadro 5 não estão presentes as inovações dos clientes – operadoras.

**Quadro 5:** Principais produtos/serviços inovadores das empresas de SPICs da amostra, segundo o grau de inovatividade e tipo da inovação

Descrição das Inovações dos fornecedores de SPICs	Grau de Novidade: Mundo, Brasil ou Empresa	Tipo de inovação Produto Serviço
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de nova plataforma tecnológica que viabiliza a distribuição de conteúdo multimídia como vídeo, som e fotografias nos telefones móveis.</li> </ul>	Brasil	Serviços

Continua...

<sup>5</sup>International Standard Industrial Classification of all Economic Activities (ISIC) Third Revision.

## ... Conclusão

● Incorporação de Cadastro e Gestão da Rede Óptica da Operadora fixa de telecomunicações, permitindo o atendimento mais ágil pela facilidade de localizar recursos da rede, novos serviços baseados em banda larga.	Brasil	Processo
● Testes de níveis de exposição a radiações eletromagnéticas causadas por aparelhos celulares na região do cérebro, permitindo que o Brasil tenha o primeiro laboratório capacitado e acreditado pelo Inmetro para realização de testes de SAR em estações terminais móveis do Brasil, atendendo rigorosamente às normas da Anatel e aos padrões internacionais.	Brasil	Serviços
● Solução para a recuperação de perda financeira para a empresa detentora de crédito, permitindo que a conciliação financeira passasse a ser automática e exata.	Brasil	Serviços
● Sistema unificado de gestão de redes e serviços.	Brasil	Serviços
● Sistema de gerenciamento de conectividade de banda larga que permite o autoatendimento para usuários de banda larga.	Brasil	Serviços
● Ferramenta de quebra de sigilo telefônico para atender de maneira eficaz aos prazos judiciais.	Brasil	Produto
● Auditoria automatizada da cadeia e receita que permite a redução das perdas de receita.	Brasil	Produto
● Implementação da função antifraude para telefones públicos.	Mundo	Produto

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

Vale destacar algumas informações qualitativas sobre o processo inovativo dos fornecedores de SPICs. No caso da primeira inovação apresentada no Quadro 5, que se refere à empresa Compera, que desenvolveu uma nova plataforma tecnológica para veicular conteúdos de multimídia no celular. Esse projeto é de grande interesse das operadoras de telefonia móvel, que vislumbra e tem interesse no mercado, que iniciou com os aparelhos de celulares com câmera. A empresa alemã Siemens<sup>6</sup> estabeleceu um acordo com a empresa brasileira Compera, de Campinas, com a finalidade de desenvolver tecnologias que ofereçam conteúdos como vídeo, som e fotografias nos telefones móveis. Atualmente, no mercado, existem muitos tipos de celulares que demandam fornecedores de vídeo para celular. Por exemplo, em alguns casos é preciso preparar o conteúdo do fornecedor do vídeo para celular em mais de 20 formatos diferentes, ou seja, cada serviço multimídia utiliza uma tecnologia própria.

<sup>6</sup>A Siemens, empresa multinacional alemã, atua no Brasil no mercado eletroeletrônico, com atividades nos segmentos de negócios Informação e Comunicação, Automação e Controle, área Médica, Energia e Transporte. O grupo possui 10.305 pessoas ocupadas no Brasil e quatorze unidades fabris. Algumas das unidades fabris da Siemens ocupam lugar de destaque na organização global, como é o caso da fábrica de Curitiba, polo mundial de exportação da plataforma de comunicação corporativa HiPath 1000 e 4000, sendo comercializada pela companhia ao redor do mundo. A Siemens Brasil possui doze escritórios de vendas e serviços em todo o país e três representantes no exterior (dois no Paraguai e um na Bolívia), mais de 260 centros de P&D no mundo, sendo quatro no Brasil (São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Manaus).

Segundo o Presidente da empresa Compera, a nova solução permitirá editar o conteúdo rapidamente para os diversos tipos de terminais e deve ser oferecida por esta empresa no formato de *software* como serviço. É interessante que a mesma solução deva ser integrada à linha de produtos da Siemens. No caso desta solução, a nova plataforma tecnológica deve trabalhar com formatos como mensagens multimídia, conhecidas pela sigla *MMS* e *Wap*, que permite acessar a *Internet* por meio do aparelho celular. Depois, deve passar a trabalhar com uma nova tecnologia chamada *IP Multimedia Subsystem (IMS)*, que leva a voz sobre protocolo de *Internet* para o celular e permite que o dono do aparelho use várias aplicações, como vídeo, voz e dados, ao mesmo tempo. Nesse projeto, a Siemens e a Compera investiram R\$ 7 milhões e trabalham com uma equipe de 20 pessoas, com representantes das duas empresas.

As vantagens do novo serviço, viabilizado pela nova plataforma tecnológica implica, além da distribuição do conteúdo, na possibilidade de obter mais informações a respeito do comportamento dos consumidores que utilizam esse tipo de serviço. A inovação também permite enviar mensagens e arquivos ao mesmo tempo em que fala no celular. A partir dessa nova plataforma tecnológica será possível que a operadora crie novos serviços, como conhecer a situação dos contatos dos usuários do serviço, se determinado indivíduo estaria disponível ou não. Essas possibilidades já acontecem nos sistemas de mensagens via *Internet*. Outro diferencial é permitir a integração de sistemas fixos e móveis, agregando valor ao cliente.

O segundo produto, apresentado anteriormente no Quadro 4, também foi desenvolvido pela Compera. Com esse novo produto, automação de equipes de campo, os clientes reduzem o custo de comunicação e os erros cometidos, melhorando os indicadores de performance do cliente - antes da inovação, a comunicação era realizada via voz.

Na sequência, o Quadro 6 refere-se às inovações de fornecedores de SPICs que beneficiam a própria empresa fornecedora, cujo benefício para o cliente é indireto, seja em termos de redução de custos, seja em relação aos prazos de entrega e confiabilidade do serviço prestado. Proporcionam à própria empresa de SPICs condições de reorganizar e concentrar a oferta dos serviços, a partir da nova tecnologia. A criação de uma fábrica de *software*, por exemplo, faz com que a empresa de SPICs consiga organizar os seus processos internos de trabalho, utilizando técnicas orientadas a *Web Services* e *Service-oriented architecture (SOA)*. Esse último trata-se de uma arquitetura orientada a serviços. É um estilo de arquitetura de *software* cujo princípio fundamental preconiza que funcionalidades

implementadas pelas aplicações devam ser disponibilizadas na forma de serviços, como por exemplo, disponibilizando interfaces, ou contratos, acessíveis através de serviços via *Internet* ou outra forma de comunicação entre aplicações.

Além da perspectiva estritamente técnica, a arquitetura orientada a serviços também está relacionada com determinadas políticas e conjuntos de "boas práticas" que pretendem criar um processo para facilitar a tarefa de encontrar, definir e gerenciar os serviços disponibilizados. Portanto, a criação de uma fábrica de *software* para uma empresa de SPICs, permite uma melhor resposta à demanda por novos sistemas e disponibilização de novos serviços.

**Quadro 6:** Principais inovações de processos das empresas de SPICs da amostra

Descrição das inovações dos fornecedores de SPICs	Grau de Novidade: Mundo, Brasil ou Empresa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fábricas de <i>Software</i> com soluções modernas de serviços via <i>Internet</i>.</li> </ul>	Brasil
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de técnica de instalação (civil works), que promove redução de custos e melhor qualidade do serviços.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Adoção de posicionamento de <i>outsourcing</i> para <i>billing</i> convergente, com a possibilidade de fazer <i>outsourcing</i> de serviços sem aumento do *CAPEX.</li> </ul>	Brasil
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implantação de rádio e estações terrenas de satélite, oferecendo aos clientes soluções completas em implantação de acessos de voz, dados e imagem. Sendo atendidos por um só fornecedor, com diminuição de custos administrativos e agilização de receitas.</li> </ul>	Empresa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicação de dados, oferece aos clientes ativação de circuitos de dados, configuração de roteadores. Sendo atendido por um só fornecedor, com diminuição de custos administrativos e agilização de receitas.</li> </ul>	Empresa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de testes para redes convergentes. Maior percentual de área de <i>software</i> testadas. Menor custo de teste. Maior qualidade no resultado final. Recepção de projetos com melhor padrão de qualidade e custo e no prazo adequado.</li> </ul>	Empresa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implantação de processo de desenvolvimento interno do CMMI (<i>Capability Maturity Model Integration</i>), um modelo de referência que procura estabelecer um modelo único para o processo de melhoria corporativa, integrando diferentes modelos.</li> </ul>	Empresa

\*Nota: CAPEX – É o cálculo da receita para o próximo período tarifário, estabelecendo um fluxo de caixa que leve em conta os investimentos e depreciações.

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

A natureza da inovação neste segmento é mostrada por meio do Quadro 7. Pode-se destacar que mudanças em processos são buscadas pelos clientes, talvez porque a

preocupação com informações, qualidade de serviços e prazos de entrega é cada vez maior, uma vez que a confiança nas trocas de dados e informações tornam-se um requisito importante nas transações. Nesse sentido, apresentam-se novos serviços para diminuir as fraudes e outros que aumentam a confiabilidade no sistema.

Considerando o modelo conceitual do eTOM, percebe-se uma relação direta dos principais produtos/serviços ou processos inovadores das empresas entrevistadas especialmente com as áreas mostradas no Quadro 7 (ordenadas em ocorrência decrescente de produtos citados na pesquisa).

**Quadro 7:** Relação dos produtos citados pelas empresas de SPICs da amostra e as áreas do modelo eTOM

1. Sistemas de suporte ao negócio (BSS)	Atividades de <i>billing</i> , <i>software</i> para a tarifação dos serviços e <i>co-billing</i>
2. <i>Assurance</i>	Principalmente aplicações de segurança e antifraude, com participação também de melhorias no desempenho dos sistemas e prevenção de falhas
3. Portais centrados no cliente	Sistemas de gestão de serviços

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

Com a reestruturação de mercado e aumento das terceirizações na área de tecnologia da informação, nota-se um maior rigor no processo de compra de serviços baseados em novas tecnologias, seja por parte de bancos, indústrias, governo ou outras empresas do setor de serviços. As exigências do mercado e o rápido desenvolvimento das TICs aumentam a pressão para que as empresas façam melhorias ou adaptações para atender às exigências dos clientes. Nesse sentido, os informantes da pesquisa apresentaram as principais exigências dos clientes do mercado de telecomunicações, apresentadas no Quadro 8.

Nota-se, além disso, uma grande preocupação em relação ao controle do processo de prestação de serviços, tanto por parte do cliente como do fornecedor de serviços. No Brasil, aproximadamente 59% das empresas já adotaram o conceito de *Service Level Agreement* (SLA) para a garantia do nível de serviços em TI. Já nos Estados Unidos, por exemplo, uma pesquisa realizada pela *Pricewaterhouse Coopers*<sup>7</sup> revelou que 85% das empresas já utilizam uma ferramenta para gestão automatizada de SLA, sendo que, deste universo, 76% são empresas do segmento de telecomunicações. A partir do Quadro 8, percebe-se que existe

<sup>7</sup>Fonte <http://www.wozen.com.br/publicue/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=26>, acesso em 10 de agosto 2017.



uma mesma tendência no Brasil de adoção desse tipo de ferramenta, sendo que a utilização do serviço pode evoluir de acordo com a competitividade e as exigências do mercado.

**Quadro 8:** Principais exigências de mercado realizadas pelos clientes das empresas de SPICs da amostra

- Presença local (escritório no Brasil) e um ou mais outros clientes que possam servir como referência.
- Relatórios de entidades independentes, como *Gartner*, *IDC* ou *Yankee Group*, que mapeiam o produto e o comparam com soluções de concorrentes;
- A exigência pela excelência na execução dos serviços propostos, dentro do prazo, custo e qualidade contratados, é cada vez maior nos clientes, principalmente por tratar-se de um setor em franco crescimento tecnológico, com um mercado consumidor exigente;
- Os editais de contratação de serviço são cada vez mais incisivos quanto à comprovação da experiência do fornecedor em serviços semelhantes às atividades a serem produzidas;
- Metodologia de trabalho do contratado bem definida e conhecida, de forma a minimizar os riscos;
- Exigência por certificações, que trazem às operadoras uma tranquilidade adicional no sentido da adoção de soluções – as principais certificações solicitadas hoje são relativas à qualidade do *software*, como CMM e CMMI<sup>8</sup>, bem como conhecimento das práticas descritas na *Information Technology Infrastructure Library (ITIL)*<sup>e</sup> no eTOM;
- Os indicadores relacionados à experiência internacional, certificações e casos de sucesso comprovados, bem como um modelo eficiente de inovação nos produtos e/ou soluções oferecidos, especialmente sobre o *road map* e sua composição/P&D.

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

Em relação à dificuldade para inovar, as empresas destacam o alto custo da inovação como o principal elemento dificultador do processo inovativo, aliado a outros fatores financeiros como risco do investimento e dificuldades para obter financiamento. As empresas de pequeno e médio porte são mais suscetíveis a essas dificuldades financeiras.

Quanto ao grau de novidade das inovações realizadas no período de 2013 a 2016 nas empresas pesquisadas, a grande maioria fez inovação para o mercado brasileiro (64%). Em termos técnicos, este produto/serviço não se trata, conforme a resposta do item 7.1 do questionário, de simples adaptação de tecnologia estrangeira, mas sim, na maior parte dos casos (60% das respostas) de desenvolvimento completamente inovador, ainda que baseado em informações do mercado internacional.

<sup>8</sup>O CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) é um modelo de referência que contém práticas necessárias à maturidade em disciplinas específicas (*Systems Engineering (SE)*, *Software Engineering (SE)*, *Integrated Product and Process Development (IPPD)*, *Supplier Sourcing (SS)*). Desenvolvido pelo SEI (*Software Engineering Institute*), o CMMI é uma evolução do CMM e procura estabelecer um modelo único para o processo de melhoria corporativo, integrando diferentes modelos e disciplinas.



As evidências que corroboram esses dados são apresentadas no Quadro 9, no qual a atividade de P&D mostra o mesmo comportamento, ou seja, é a atividade que dentro da categoria de serviços mais se destaca em termos de inovações para o mercado nacional.

**Quadro 9:** Grau de novidade das inovações nos serviços

Grau de novidade	Empresa	Em termos técnicos este produto/serviço é:	
		Aprimoramento (%)	Completamente Novo (%)
<b>Atividades de Serviços</b>	<b>Total de empresas (%)</b>	<b>Aprimoramento (%)</b>	<b>Completamente Novo (%)</b>
Telecomunicações	33,84	60,90	39,10
Atividades de informática e produtos relacionados	34,90	50,53	49,55
Consultoria em <i>Software</i>	46,77	63,24	36,56
Outras atividades de Informática e atividades relacionadas	30,23	42,67	57,33
Pesquisa e Desenvolvimento	14,19	66,67	33,33
Total de Serviços	34,62	51,50	48,50
<b>Grau de novidade</b>	<b>Brasil</b>		
<b>Atividades de Serviços</b>	<b>Total de empresas (%)</b>	<b>Aprimoramento (%)</b>	<b>Completamente Novo (%)</b>
Telecomunicações	4,58	50,00	50
Atividades de informática e produtos relacionados	9,13	80,46	19,83
Consultoria em <i>Software</i>	19,69	83,57	16,90
Outras atividades de Informática e atividades relacionadas	4,95	75,56	24,44
<b>Pesquisa e Desenvolvimento</b>	<b>52,38</b>	<b>27,27</b>	<b>72,73</b>
Total de Serviços	9,14	76,03	23,97
<b>Grau de novidade</b>	<b>Mundo</b>		
<b>Atividades de Serviços</b>	<b>Total de empresas (%)</b>	<b>Aprimoramento (%)</b>	<b>Completamente Novo (%)</b>
Telecomunicações	1,78	42,86	57,14
Atividades de informática e produtos relacionados	0,26	40,00	70,00
Consultoria em <i>Software</i>	0,65	14,19	85,71
Outras atividades de Informática e atividades relacionadas	0,11	66,67	33,33
Pesquisa e Desenvolvimento	26,19	18,18	81,82
Total de Serviços	0,66	28,57	71,43

\*Nota: As atividades de serviços incluídas na Pintec (2015) são telecomunicações, informática e pesquisa e desenvolvimento.

Fonte: Pintec, 2015.

As empresas de SPICs têm um padrão que denota uma agressividade para introdução de novos produtos/serviços nos mercados nacionais, já que o aprendizado acumulado faz com que as empresas possam reproduzir as metodologias de trabalho, ganhar experiência e

reduzir custos por meio da escala dos projetos realizados. Do ponto de vista da empresa provedora de SPICs, os clientes são vistos como organizações que possuem diferentes problemas, de origens variadas e por meio da interação com os seus funcionários, a empresa de SPICs identifica o gargalo e faz desenvolvimentos tecnológicos para adaptar tecnologias apreendidas em clientes atendidos anteriormente. Nesse sentido, a metodologia pode ser reproduzida para identificar o problema, no entanto, a interpretação e a resolução do problema são individuais, direcionadas a cada cliente corporativo de modo diferente.

O exemplo de um projeto que envolveu os clientes de uma empresa de SPICs foi o desenvolvimento de um sistema que permitiu a integração das concessionárias da empresa automobilística *Peugeot do Brasil*, realizado em 2001. Nesse caso, o objetivo do desenvolvimento dos sistemas era controlar a compra e venda de carros, além dos serviços de manutenção. A trajetória desse projeto passou por uma encomenda realizada para atender às concessionárias do Brasil, com o objetivo de promover a integração dessas concessionárias no país. Nesse projeto, a plataforma mundial também foi totalmente desenvolvida no Brasil, sendo que o sistema é gerenciado em São Paulo. Após o desenvolvimento do *know-how*, a solução foi solicitada pela unidade francesa. Os projetos fora do país estão em Paris e Pequim (este último desenvolvido em Mandarin), além de existir uma demanda para a Rússia.

Quanto à proteção da inovação, foi perguntado às empresas da amostra, no período de 2013 a 2016, se havia métodos para proteger as inovações de produto e/ou processo desenvolvidas. Percebe-se uma alta porcentagem de proteção (71%). No questionário, a maioria dos registros se relacionava o registro de *software*, principalmente em empresas multinacionais. As empresas nacionais que inovaram e afirmaram não ter protegido alegaram que isso se deve principalmente a não possuírem uma cultura de patentear *software*. Pavitt *et al.* (2001) afirmam que dependendo dos setores estudados, a propensão a fazer o registro de patente é variável. Essa é uma informação ainda mais válida em um ambiente internacionalizado de empresas que atuam em rede.

Nesse contexto, há uma alta possibilidade de o país em que o conhecimento foi criado e *locus* do desenvolvimento da inovação não ser, necessariamente, o *locus* do seu registro. A alta taxa de proteção às inovações pode ser vista ainda como um indicador indireto do fato de serem desenvolvimentos completamente inovadores ao invés de adaptações, visto que os primeiros são mais passíveis de proteção. Como será citado adiante, existem casos em que as customizações são de tamanha complexidade tecnológica no processo de

desenvolvimento que geram patentes. A Bull se enquadra nesta situação, pois a partir de um processo de adaptação de um *software* que gerou o desenvolvimento de 40 novos módulos de um sistema para atender ao cliente (operadora), a empresa decidiu patentear os novos desenvolvimentos.

Uma questão metodológica importante é o tratamento dado nesta pesquisa ao conceito de P&D para serviços. No questionário, a questão que trata do conceito de P&D foi considerada de maneira ampla, incluindo atividades de engenharia de desenvolvimento de *software*. A partir deste conceito, o “desenvolvimento” inclui atividades que demandam o uso de novas tecnologias para desenvolver novas plataformas ou novos produtos e serviços. Vale destacar que, durante as entrevistas, muitas empresas integradoras e desenvolvedoras de sistemas manifestaram a dificuldade de mensurar os investimentos nas atividades de P&D. Trata-se do “*demand push*”: nessa lógica, as atividades de P&D são consideradas pela empresa como custo.

O Quadro 10 lista a classificação das empresas de SPICs que participaram da pesquisa.

**Quadro 10:** Classificação das empresas de SPICs integrantes da amostra da pesquisa

Desenvolvimento de <i>software</i> e novos serviços (15 empresas)	Compera, Amdocs - Brasil Ltda. Telefônica I+D, Atos Origin Brasil, Microsoft, Visent, Telcordia, Dynamic Tecnologia, Cleartech, DBA, Tecnológica, Omni, Trópico, Totvs, CPM Braxis
Fornecedores de equipamentos e integradores de sistemas (5 empresas)	Bull Ltda, Ericsson, Radiante, Mantel, Siemens Brasil
Centros de pesquisa (2 empresas)	CPQD e Fitec
Operadoras (2 empresas)	Cliente A e Cliente B
<b>Total:</b> 24 empresas pesquisadas	

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

O principal indicador de intensidade em P&D das empresas pesquisadas foi obtido pelos dados sobre a qualificação de mão de obra, especificamente os dados sobre pessoas alocadas em P&D, em relação ao total do pessoal ocupado. No caso das empresas pesquisadas, 66% é o indicador que mostra a intensidade de P&D. Comparando este indicador de intensidade de P&D da amostra com os dados da PAEP, percebe-se que chega a um valor muito superior comparado à porcentagem de pessoal ocupado em P&D no setor de serviços como um todo (cerca de 0,14%).

## 5.2 Impacto da inovação

O impacto da inovação foi abordado de duas formas no questionário: o impacto no cliente e o impacto na empresa. Os resultados mostram que o aumento no *mix* de produtos foi considerado a principal variável que impactou na empresa inovadora. Enquanto o ganho de eficiência foi o fator destacado em relação ao impacto da inovação no cliente, com o maior número de respostas alta ou média importância. Esse comportamento reflete a busca por redução de custos operacionais dos serviços ofertados pelos clientes de telecomunicações que, em grande medida, ofertam produtos consolidados no mercado.

Os dados da Pintec (2005) apontam a hierarquia de importância atribuída pelas empresas em relação aos impactos da inovação. Para as empresas de telecomunicações, a manutenção da participação no mercado foi o primeiro objetivo esperado como impacto da inovação, com 82,9%; enquanto o segundo é a melhoria da qualidade dos produtos (80%), e a ampliação da gama de produtos ofertados ficou em terceiro com 72,7%. No caso das empresas de informática e das industriais, a maior frequência ocorreu no item melhoria da qualidade dos produtos (74,7% e 68,4% respectivamente), depois ampliar a participação no mercado (72,4% e 61,2%) e aumentar a capacidade de produção, ambos com 58%.

Segundo pesquisas de Theter e Hipp (2000), o processo de inovação em serviços padronizados (como é muitas vezes o caso de telecomunicações, visto que os clientes têm garantias legais de níveis de qualidade, prazo e estrutura por parte de seus fornecedores) viria no sentido de melhorar os processos, a fim de reduzir os custos e aumentar a competitividade. Esse comportamento pode ser observado em inovações do setor de telecomunicações no Brasil, já que a eficiência e a redução de custos foram resultados da inovação citados na pesquisa como de alto impacto com alta frequência.

## 5.3 Os clientes de SPICs

As operadoras entrevistadas são consideradas nesta pesquisa como os clientes dos SPICs. Têm-se, a partir dos dados coletados, dois perfis de operadoras. Uma delas, de capital inteiramente nacional, não investiu em P&D internamente, mas optou pela contratação desses serviços de outras empresas. A segunda é uma multinacional que realizou ambas as atividades (P&D internos e contratação de SPICs). Vale destacar que ambas realizaram

inovação nos seus produtos/serviços de telefonia. Percebe-se uma tendência das operadoras inovarem em seus serviços prestados via *Internet* (principalmente VoIP). Essa tendência é uma das hipóteses comprovadas no trabalho de Cameira (2007). Além disso, as operadoras buscaram melhorias nos seus processos de controle das redes, aumentando sua eficiência operacional, o que concorda com a pesquisa feita junto aos fornecedores, que aponta o aumento de eficiência como benefício da inovação de maior impacto para seus clientes.

Em relação ao grau de novidade, nota-se a importância de novas tecnologias de processos na difusão de inovação no país, visto que o principal grau citado foi de inovações para o mercado brasileiro, enquanto na área de *Internet* há uma maior preocupação em diversificar a oferta já existente, explorando novos conteúdos e serviços.

A cooperação mostrou-se importante para ambas as empresas. Esta informação reforça o interesse das empresas em diluir o risco da inovação com parceiros tecnológicos.

O Quadro 11 resume e confronta os dados desses dois clientes. É interessante notar a diferença nos números absolutos de pessoal ocupado nas atividades de inovação em ambas as empresas. A seguir, serão apresentadas informações qualitativas em relação à operadora “Cliente A”, pois foram feitas entrevistas presenciais, em duas oportunidades, durante a elaboração desta pesquisa. Já a operadora denominada “Cliente B” teve os dados preenchidos em formulários eletrônicos, dificultando maior aprofundamento sobre os dados qualitativos.

Na operadora denominada Cliente A, o processo de inovação possui duas frentes, a Diretoria de Inovação, que trata de questões internas sobre a cultura de inovação dentro da empresa e a aplicação de modelos de inovação, enquanto a Gerência da Inovação Tecnológica possui a incumbência de fazer projetos e antecipar as mudanças.

A empresa explica que, há alguns anos, a área comercial solicitava o produto e a área de inovação tecnológica desenvolvia e verificava a tecnologia mais adequada para o produto solicitado. Nesse modelo, a área não era pró-ativa porque dependia das solicitações para alavancar o desenvolvimento dos novos produtos. Ainda nesse modelo, segundo a empresa, o custo é alto e as demandas são muito diversificadas, uma vez que é necessário um grande número de pessoas ocupadas no grupo de desenvolvimento e lançamento dos produtos. Nos dias atuais, a Gerência de Inovação mudou sua estratégia e apresenta projetos para a área comercial.

Na estrutura da organização, a área de Inovação Tecnológica atende aos novos critérios para novas redes de unidades locais. Por exemplo, projetos de customização para

geração de uma nova plataforma de *Billing* unificada. Uma outra função dessa área é fazer compras corporativas, para as quais são definidos os padrões técnicos e a partir daí são fechados os contratos de compras padronizadas para todo o grupo empresarial. A P&D nessa empresa é contratada externamente, mas existem dentro da empresa laboratórios que realizam testes de homologação com produtos dos fornecedores. Nesses laboratórios são feitos ajustes superficiais, até ajustes sofisticados em produtos que os clientes fornecem para a operadora. Isto se justifica porque o *software* precisa ter uma homogeneidade para o seu funcionamento e esta compatibilidade é testada nos laboratórios.

**Quadro 11:** Resultados da pesquisa com clientes de SPICs da amostra

Cliente SPICs	Cliente A	Cliente B
Atuação	Telefonia Fixa/Móvel/ <i>Internet</i>	Telefonia Fixa/Móvel/ <i>Internet</i>
Origem do capital	Principalmente estrangeiro	Nacional
P&D em SPICs	<p>Fez e contratou</p> <p>P&amp;D internos - Integra soluções de telecomunicações e informática em laboratório para criação de protótipos e validar o cumprimento dos padrões nacionais e internacionais</p> <p>P&amp;D externos - Desenvolvimento de aplicações e <i>software</i> para oferta de serviços de comunicação</p>	<p>Contratou, porque não é o <i>core business</i></p> <p>P&amp;D externos - Desenvolvem sistemas de apoio ao negócio</p>
Qualificação dos funcionários	<p>34 técnicos (9%)</p> <p>296 graduados (75%)</p> <p>27 mestres (7%)</p> <p>34 outros (9%)</p>	<p>34 graduados (94%)</p> <p>2 mestres (6%)</p>
Fez inovação	Inovação de processos - automação dos processos de assistência técnica da empresa	Inovação de Produto/Serviço - Área de desenvolvimento de conteúdo. Produto relacionado a comunicação via <i>web (softphone)</i> .
Grau da novidade	Novo para o país, já existia em outros países	Novo para a empresa, mas já existe no mercado nacional
Proteção	Registro da marca Segredo industrial	Registro da marca
Fez cooperação	Sim, com clientes ou consumidores, fornecedores, outra empresa do grupo, empresas de consultoria	Sim, com Institutos de Pesquisa, Universidades e Centros Profissionalizantes

**Fonte:** Elaboração própria, a partir de informações coletadas em campo, entre junho/2016 e junho/2017.

O desafio de desenvolver um modelo aberto de investimento em pesquisa implica na criação de algumas estratégias. Uma delas é a participação de uma consultoria, composta por mestres e doutores, contratada para identificar as tendências de novas tecnologias na área

de telecomunicações. Foi desenvolvida uma rede apresentando as tendências do setor, entre elas está a ubiquidade, que é a possibilidade de acessar a *Internet* e serviços de telefonia em todos os lugares. Para cada uma das tendências tecnológicas identificadas foi criada uma rede de novas tecnologias associadas a essas tendências, para que houvesse um desenvolvimento tecnológico mais coordenado à estratégia de negócios da operadora.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem Serviços Produtivos Intensivos em Conhecimento (SPICs) no setor de Telecomunicações no Brasil? Se sim, qual a sua natureza? Responder a essas perguntas foi o objetivo principal desta pesquisa, além de contribuir para o conhecimento das características e dinâmica de inovação das empresas desse segmento. Sobre o tema de SPICs são encontrados alguns estudos no âmbito do Brasil, tais como Kubota (2006), Bernardes (2005), e Cerqueira e Quadros (2002). Além disso, as pesquisas internacionais já possuem um maior grau de maturidade e apontam os efeitos dos SPICs para o crescimento econômico dos países da OCDE (GALLOUJ, 1997; MILES *et al.*, 2000, STRAMBACH, 2001; MIOZZO E SOETE, 2001; NÄHLINDER, 2005).

O foco deste estudo foi direcionado para a cadeia produtiva de telecomunicações, selecionando as atividades de tecnologia de informação aplicadas a esse segmento econômico, dada a relevância desse setor para o desenvolvimento do país. Essa atividade representa parcela significativa do faturamento do setor de serviços do Brasil, sendo bastante dependente de inovação tecnológica e sua infraestrutura impacta diretamente os serviços ofertados pelas Tecnologias de Informação e Comunicação, bem como em outros setores da economia.

Os resultados da pesquisa apontam para a existência de empresas híbridas em relação aos SPICs no Brasil, ou seja, não há somente uma terceirização de atividades rotineiras das empresas deste setor. O indicador de intensidade em P&D (66%), representado pela relação entre pessoal alocado em P&D e P.O. total, sugere a existência de empresas de SPICs que agregam conhecimento na cadeia produtiva de telecomunicações e possuem condutas inovativas.

Seis tópicos foram elaborados para elaborar os argumentos do artigo. Na Introdução e no segundo tópico foram analisadas a construção do conceito de SPICs e as diferentes



classificações adotadas pela literatura internacional. A contribuição desses itens foi compreender as taxonomias desenvolvidas para o segmento de SPICs.

No terceiro tópico apresentou-se a metodologia da pesquisa. As atividades de SPICs selecionadas no setor de serviços para representar as atividades que demandam conhecimento especializado e são intensivas em conhecimento foram: atividades de informática e conexas; pesquisa e desenvolvimento e serviços prestados principalmente às empresas, conforme a recomendação da OCDE.

No quarto e quinto tópico discutiu-se, a partir dessa classificação, os resultados que mostraram a distribuição percentual dessas atividades, da seguinte forma: o destaque dentro do grupo atividades de informática é o desenvolvimento de *software*, com o maior número de empresas, quase 40%, que representam a maior receita líquida (31,7%), maior índice de pessoas ocupadas (32,2%), salários (37,37%) e retiradas de pró-labore dos sócios, *proxies* da variável lucro (36,81%). No segundo grupo, destaca-se a pesquisa e desenvolvimento em ciências físicas e naturais, com a participação de quase 70% e maior número de pessoal ocupado. Enquanto, no terceiro grupo, as atividades de serviços prestados principalmente às empresas, as atividades jurídicas, contábeis e de assessoria em gestão empresarial estão se destacando com maior desempenho em termos dos indicadores de receita líquida, pessoal ocupado, salário e retiradas de pró-labore.

Neste sexto tópico das considerações finais, são discutidas as recomendações para a continuidade da pesquisa e a uma breve contextualização da situação atual das empresas estudadas.

Observou-se que o indicador de 66% de intensidade em P&D, que se refere à quantidade de pessoas ocupadas em atividades de P&D em relação ao total de pessoal ocupado nas empresas da amostra, leva a uma resposta afirmativa. Qual seria, então, a natureza dessas atividades? Nota-se que as operadoras passaram a se preocupar com os seus modelos de negócio, que representam o foco da sua lucratividade, não mais com atividades de tecnologia ou engenharia.

Essas, como pertencem a uma área dinâmica, em constante renovação, são difíceis de serem acompanhadas em termos de investimentos e podem ser delegadas a outras empresas do grupo ou mesmo aos próprios fornecedores, responsáveis pela geração de novos produtos e soluções. Em alguns casos de operadoras multinacionais, que atuam em escala, em diferentes mercados, as suas atividades de desenvolvimento ganharam *status* de uma nova divisão de negócios dentro da empresa. Atualmente, as empresas estão investindo em

tecnologia para aprimorar a qualidade dos serviços prestados, reduzir gargalos operacionais e atrair novos clientes.

Consolidando os dados das entrevistas, foram apresentadas as características e as principais condutas dessas empresas no sentido de desenvolverem atividades de engenharia e desenvolvimento de *software* para os clientes de telecomunicações. Quanto à primeira (e mais importante) pergunta, se existem SPICs no Brasil, pode-se concluir que sim. As evidências são observadas a partir da amostra, que apresentou uma alta porcentagem de empresas que não só fizeram inovação como uso de mão de obra qualificada, mas que apresentaram ainda outras características dos SPICs, tais como alta interação com o mercado e institutos de pesquisa e entre empresas multinacionais e locais. Atualmente, as empresas buscam alocar seus recursos investindo em inovação para reverter o quadro da alta porcentagem em relação ao quesito investimento apenas em mão de obra.

Dois benefícios da inovação foram citados na pesquisa como os de maior impacto: para os fornecedores, foi o aumento do seu *mix* de produtos e serviços e assim de sua participação no mercado; enquanto, para os clientes, foi o aumento de eficiência e redução de custos. Esse último é um benefício freqüentemente buscado nos SPICs com alto grau de padronização do serviço, característica que pode ser atribuída à parte dos serviços de telecomunicações, ainda que seja uma área altamente influenciada pela tecnologia, devido à regulamentação e normatização existentes no setor.

Devido à relevância do tema, espera-se que futuros trabalhos possam ser realizados com o objetivo de dar continuidade aos resultados obtidos nesse artigo. Realizar pesquisas com empresas de menor porte e obter mais dados sobre pequenas e médias empresas locais seriam importantes contribuições, e verificariam em qual nicho essas empresas estariam conseguindo se estabelecer. Outra sugestão seria verificar como a inovação no setor de telecomunicações “transborda” para outros setores da economia, particularmente nos SPICs. Identificar e compreender como o processo de internacionalização de serviços e a mudança patrimonial das empresas estão impactando nas empresas locais de SPICs seria, certamente, outro possível futuro trabalho, de amplo interesse no campo dos SPICs em âmbito nacional.

## REFERÊNCIAS

ATHREYE, S. The Indian Software Industry. In: ARORA, A. e GAMBARDELLA, A. (eds). *From Underdogs to Tigers: The Rise and Growth of the Software industry in Brazil, China, India, Ireland and Israel*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

BERNANDES, R.; BESSA, V.; KALUP, A. *Serviços na Paep-2001: reconfigurando a agenda de pesquisas estatísticas de inovação. São Paulo em Perspectiva*. v. 19, n. 2, p. 115-134, abr./jun.2005.

CAMEIRA, R. F. (Coord.). *Análise do setor de telecomunicações e cadeias associadas (de tecnologia de Informação e de Conteúdo) no Estado do Rio de Janeiro*. Escola Politécnica – Departamento de Engenharia Industrial, Grupo de Produção Integrada e COPPE-UFRJ, Secretaria de Estado e de Direito Econômico (SEDE), SEBRAE – Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

CERQUEIRA, A. H. F.; QUADROS, R. *Inovação no Setor de Serviços: uma discussão exploratória. Artigo apresentado no Simpósio de Administração da produção, logística e operações internacionais*. SIMPOI – FGV – SP, 1 a 4 de outubro de 2002.

DAVIES, A.; TANG, P.; BRADY, T.; HOBDDAY, M.; RUSH, H. & GANN, D. *Integrated Solutions: the new economy between manufacturing and services. Technical report*. SPRU/Universidade de Sussex, 2001.

FISCHER, M. M. *Innovation, knowledge creation and systems of innovations. Annals of Regional Science*, vol. 35, nº 2, 2001, p.199-216.

GALINA, Simone Vasconcelos Ribeiro. *Desenvolvimento global de produtos: o papel das subsidiárias brasileiras de fornecedores de equipamentos do setor de telecomunicações*. Escola Politécnica. Engenharia da Produção, 2003 (Tese de doutorado).

GALLOUJ, F., WEINSTEIN, O. *Inovation in Services. Research Policy*, 26, 537-556, 1997.

HAUKNES, J. *Services in Innovation – Innovation in Services*. SI4S final report to the European Commission, TSER program. Oslo: STEP Group, 1998.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Departamento de Comércio e Serviços. *Pesquisa de Inovação Tecnológica – PINTEC (2013-2015)*. Rio de Janeiro, 2017.

KUBOTA, L.C. *A inovação tecnológica das firmas de serviços no Brasil*. Cap. 2. In: **Estrutura e Dinâmica do setor de Serviços no Brasil**. Negri, J. A. Kubota, L. C. (org.). 2006.

MILES, I., Kastrinos, N. Klanagan, K. Bilderbeek, R., Den Hertog, P., Huntink, W. Bouman, M., 1994. *Knowlwdge-Intensive Business Services: Their roles as users, carriers and sources of innovation*. Prest, Manchester, 1995.

MIOZZO, M; SOETE, L. *Internationalization of services: a technological perspective. Technological Forecasting and Social Change*, 2001, p.67, 159-185.

MULLER E.; ZENKER, A. *Business Services as actors of knowledge transformation: the role of KIBS in regional and national innovation systems. Research Policy*, v. 30., 2001, 1501-1516p.

NÄHLINDER, J. *Innovation in KIBS. State of art and conceptualisations. In: SIRP Seminar*. England: Jan. 2002.

OCDE – Organization for Economic Cooperation and Development. *Information Technology Outlook*. FRANÇA, 2004.

PAVITT, K.; TIDD J.; BESSANT, J. *Managing innovation: integrating technological, managerial organizational change*. 2. ed. Wiley, 2001. p. 85-158.

ROBERTS, Joanne. *The internationalization of knowledge-Intensive Business services firms*. In: ANDERSEN, Birgitte (org), *Knowledge and Innovation in the New Service Economy*. Edward Elgar Publishing Limited, UK, 2000.

STRAMBACH, S. *Innovation processes and the role of knowledge-intensive business services (KIBS)*. In: K. Koschatzky, M. Kulicke and A. Zenker (eds), **Innovation Networks – Concepts and Challenges in the European Perspective**: Technology, Innovation and Policy, Heidelberg: Physica: 53-68, 2001.

YIN, R. *Case Study Research: Design and Methods (Applied Social Research Methods)*. California: Sage Publications, Inc; 3rd edition; 2002, 200p.



## Manuseio e aproveitamento de estéreis em mineração

Marcos Delgado Gontijo<sup>1</sup>

### RESUMO

Nas operações de lavra, grandes quantidades de solo e estéreis são retirados da mina e entornos, sem que haja utilização no beneficiamento dos minérios ou outro fim comercial. Nesse contexto, é de grande importância considerar e minimizar os efeitos das gerações dos resíduos sólidos, decorrentes das atividades mineradoras e correlacionados aos locais, aos relevos, às situações ambientais, às atividades econômicas e sociais envolvidas, assim como às tecnologias disponíveis para as construções dos projetos bem-sucedidos. O presente trabalho aborda análises bibliográficas e empíricas das gerações e destinos dos resíduos sólidos de mina: os estéreis. Identificação de casos, estudos e propostas para manuseios e reduções dos estéreis estão aqui abordados, têm sido desenvolvidos visando o aproveitamento máximo dos bens minerais extraídos do subsolo, de forma inteligente, responsável e enriquecedora. Conclui-se que o conhecimento, o bom planejamento, a disposição dos descartes adequadamente, bem como as utilizações racionais dos estéreis são alicerces da mineração moderna e sustentável.

**Palavras-chave:** Mineração. Estéril. Pilha de Estéreis.

---

<sup>1</sup>Graduado e Mestre em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Especialista em Gestão de Projetos, Segurança do Trabalho e em Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Trabalha na Agência Nacional de Mineração – ANM, MG, Brasil. E-mail: [marcosdgonstijo@yahoo.com.br](mailto:marcosdgonstijo@yahoo.com.br).

## *Handling and use of mining sterils*

### **ABSTRACT**

*In mining operations, large amounts of soil and waste are removed from the mine and its surroundings, without using it for processing ores or for any other commercial purpose. In this context, it is of great importance to consider and minimize the effects of solid waste generation resulting from mining activities and locations, reliefs, environmental situations, economic and social activities involved, as well as the technologies available for the construction of successful projects. The present work approaches bibliographic and empirical analyzes of the generations and destinations of mine solid residues: the sterile ones. Here are discussed the identification of cases, studies and proposals for treatment and reduction of waste, developed with the objective of valuing the mineral goods extracted from the subsoil, in an intelligent, responsible and enriching way. It is possible to conclude that knowledge, good planning, proper disposal of waste, as well as rational uses of waste are the foundations of modern and sustainable mining.*

**Keywords:** *Mining. Sterile. Pile of Sterile.*

Artigo recebido em: 13/08/2021

Aceito em: 04/11/2021

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Estéreis de mineração

Os estéreis são os materiais sólidos extraídos da mina, na atividade de lavra, e que, por características tais como teores ou propriedades físicas, não valem a pena serem processados ou comercializados. Sendo, portanto, direcionados a locais específicos para estocagens ou descartes. Baseado em Gontijo (2018), eles são compostos de fragmentos de rochas e capeamentos (solos) e, dependendo da substância de valor, das características do depósito e do método de lavra adotado, podem corresponder a 50% dos materiais extraídos, ocorrendo casos em que o estéril representa mais de 90% da parte não aproveitável, como para extração de gemas e ouro, por exemplo.

Conforme a NRM 19 (DNPM, 2001) as características e quantidades dos estéreis, rejeitos e produtos devem ser definidos de acordo com a composição mineralógica da jazida, as condições de mercado, a economicidade do empreendimento e sob a ótica das tecnologias atuais. É fundamental, assim, que os métodos de extração, beneficiamento e demais atividades sigam os preceitos que facilitam a posterior recuperação ambiental. A elaboração de drenos, de bancadas com inclinações estáveis e uso de rejeitos e estéreis para recobrimento de áreas escavadas são exemplos de atenuantes dos custos e impactos (GONTIJO, 2019).

Os resíduos sólidos são os principais responsáveis pelo impacto ambiental nas atividades mineradoras. Seu tratamento e armazenamento visando minimizar os custos e maximizar a segurança estão entre os principais objetivos das mineradoras para cumprir as exigências ambientais. (VICTORINO, 2016).

Segundo Rocha (2015), os estéreis são geralmente aqueles materiais que:

- Não existe possibilidade de aproveitamento econômico (estéril-franco ou estéril-nato);
- Não possuem valor econômico ou seu valor não é momentaneamente significativo (minério marginal);
- Não possuem rota de processo industrial conhecida (minério não-processável);
- Não atendem às especificações de qualidade da rota de processo implantada (minério contaminado).



O manejo do minério pobre responde a uma estratégia de negócio e tem um caráter de provisoriedade, a remoção do estéril da área de lavra e sua disposição final são atividades que podem ter um impacto desfavorável no desenvolvimento de uma mina com implicações de ordem econômica, de segurança e ambiental (FERREIRA, 2016). Porém, quando tratados de forma estratégica, os estéreis podem se tornar menos dispendiosos e menos danosos, podendo inclusive tornarem-se lucrativos.

## **1.2 Uso sustentável dos resíduos sólidos**

Conforme Gomes (2017) e MMA (2009), para minimizar as quantidades lançadas em pilhas de estéreis e barragens de rejeitos sugere-se a adoção dos 5 princípios básicos da educação ambiental (5R's):

- Reduzir: Trabalha com o conceito de exploração e consumo responsáveis;
- Reutilizar: Segundo este princípio, um material recuperado deve voltar ao ciclo de produção;
- Reempregar: Consiste em encontrar nova utilidade para um material que não pode mais ser aproveitado no seu ciclo de origem;
- Reciclar: transformar um material quanto às suas propriedades físicas ou físico-químicas para produção de descartes em novos produtos;
- Repensar: promove a conscientização sobre o consumismo e estimula a preferência da compra de produtos que geram menos impacto ambiental.

Baseando-se em Sant'ana Filho (2013), a reciclagem e reutilização de estéreis podem apresentar os seguintes benefícios:

- Reduzir a poluição de uma forma geral, nos grandes centros consumidores de matéria-prima para construção civil, além de apresentar balanço ambiental satisfatório;
- Reduzir o consumo de recursos naturais;
- Reduzir volume de aterros de rejeitos;
- Apresentar significativas vantagens econômicas;

- Proporcionar a produção de novos materiais de base tecnológica, implicando em redução do custo de habitações, obras de infraestrutura, rodovias, dentre outras.

### 1.3 Pilhas de estéreis

As pilhas de estéreis são sistemas planejados de “reservações” ou estocagens, definitivas ou temporárias para os materiais sólidos, ora inservíveis, advindos da lavra.

É necessário que um projeto de pilha de estéril seja concebido e executado de maneira adequada, atendendo à empresa de mineração e aos requisitos básicos definidos pelas normas de segurança e proteção ambiental. (ARAGÃO, 2008).

Os condicionantes de projeto exigem análises de estabilidade da pilha, implantação de sistemas de controle e percolação de fluxos naturais ou de águas pluviais e a adoção de dispositivos para proteção superficial das bermas e dos taludes. (CARVALHO, 2017)

As pilhas podem ser classificadas da seguinte forma:

- **Pilhas via seca por método descendente** – o material é lançado por caminhões ou tratores em encostas, aterros ou vales, sem altura definida dos taludes, dependendo da topografia;
- **Pilhas via seca por método ascendente** – o material é lançado por caminhões, tratores, correias ou *scrapes* em planaltos ou planícies, disposto em camadas horizontalizadas a partir da base, formando bancadas;
- **Pilhas via úmida** – o material é lançado por bombeamento ou gravidade, utilizando tubulações ou calhas – podem ser utilizados ciclones de adensamento sobre a pilha para separar materiais mais e menos úmidos ou grosseiros;
- **Pilhas em codisposição** (conjugadas) – o empilhamento faz-se usando estéreis e rejeitos combinados, reduzindo as barragens e melhorando a consistência das pilhas com materiais finos preenchendo espaços entre fragmentos grosseiros.

As pilhas dispostas em encostas tendem a apresentar menores capacidades, custos menores e melhores estabilidades (dependendo das características das ombreiras), dos materiais e do sistema de disposição. Também, podem apresentar maiores dificuldades de seletividade e mapeamento dos materiais depositados (importante para uma possível remoção), assim como dificuldades de estabilização, drenagens e manutenção.

Vários aspectos devem ser considerados nas escolhas e procedimentos de disposição de estéreis, dentre os quais:

- Os riscos: especialmente os ambientais e humanos;
- Os custos: de construção e manutenção;
- A operacionalidade: distâncias de transporte, equipamentos utilizados e disponíveis, granulometria e forma dos fragmentos, química, mineralogia e contaminações dos materiais estocados;
- Características geotécnicas dos terrenos, encostas, escavações e dos materiais empilhados;
- Umidade dos materiais e pluviosidade local;
- Drenagem, presença de cursos d'água e lençol freático;
- Presença de cavas exauridas ou outros locais disponíveis e próximos, passíveis de “servidão” e fora de áreas de preservação;
- Planejamento para posterior recuperação ambiental ou retomada futura.

A NRM 19.2.6 (DNPM, 2001) define as seguintes regras básicas para conformação das pilhas:

- a) Desmatamento, preparo da fundação, retirando-se a terra vegetal;
- b) Impermeabilização da base da pilha, onde couber;
- c) Implantação do sistema de drenagem na base e no interior da pilha visando a estabilidade do talude;
- d) Compactação da base da pilha, quando couber;
- e) Disposição do material em camadas;
- f) Obediência a uma geometria definida com base em análises de estabilidade;
- g) Efetuar drenagem das bermas e plataformas;
- h) Construir canais periféricos a fim de desviar a drenagem natural da água da pilha;
- i) Proteção superficial com vegetação dos taludes e bermas já construídos.

Para pilhas de estéreis, os perigos principais podem ser de duas origens: a estabilidade física do aterro (p.ex. perigo de uma ruptura) e a estabilidade química (p.ex. potencial para geração de drenagem ácida) (ARAGÃO, 2008).

Os projetos de disposição de estéreis, em mineração, devem seguir os procedimentos técnicos da NBR 13.029: elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2006).

## 1.4 Solos

Cuidados especiais devem ser tomados com os solos que, pelas suas características físicas e químicas, são úteis nas áreas de recuperações ambientais e aterros, necessários à operacionalidade da extração, transporte e pátios de estocagens. Também os solos por terem características friáveis e solúveis, algumas vezes com presença de sais minerais ou materiais sulfídricos e orgânicos, devem ser armazenados em locais que permitam a drenagem sem carreamento de finos, assoreamentos e contaminações.

## 2. PLANEJAMENTO E ESTRATÉGIAS

Os estéreis são materiais especiais, porque, embora inservíveis para o momento, normalmente possuem concentrações dos minerais-minérios ou materiais úteis, embora em quantidades ou qualidades inferiores aos minérios, e que, eventualmente, por mudanças de tecnologias, comerciais ou outras, podem vir a tornarem-se viáveis, conseqüentemente minérios.

Dessa forma, estéreis devem ser tratados com zelo, estocados em pilhas próprias, preferencialmente classificados e mapeados por teores ou outras características, de modo a possibilitarem seu provável aproveitamento futuro: podem ser considerados “passivos estratégicos” e, eventualmente, tornarem-se ativos em algum momento ou circunstância.

Vale salientar que o aproveitamento dos estéreis, diferentemente das jazidas (dos materiais *in situ*), possui duas grandes vantagens:

1. O seu “custo zero” de extração – pois já foram extraídos;
2. O seu impacto positivo ao meio ambiente – porque sua utilização reduz ou elimina as pilhas de estéreis e seus impactos ambientais, assim como os controles e os custos de manutenção. Podem inclusive, mesmo que momentaneamente, suprir a necessidade de abertura de uma nova mina para abastecer o mercado.

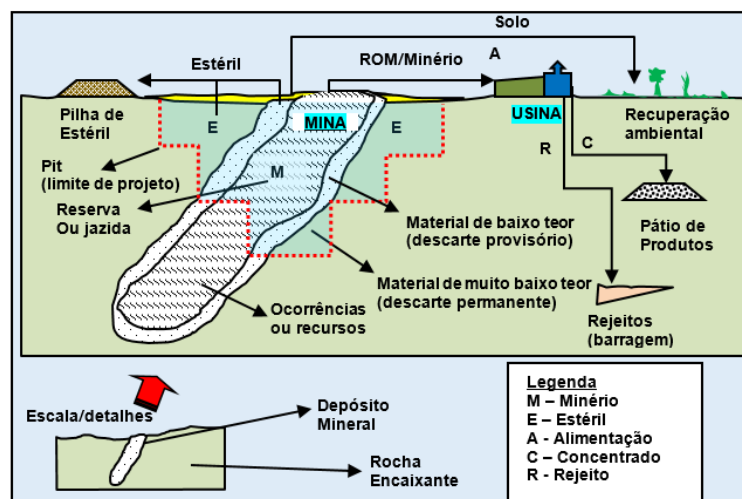
Os chamados rejeitos de usina de beneficiamento de minérios, de modo semelhante aos descartes de mina, podem ser considerados potencialmente aproveitáveis. Os mesmos podem ser sólidos ou pastosos e estocados em barragens ou outros locais, com complicações e cuidados específicos.

Os estéreis podem ser separados conforme suas características, em:

- **Estéril rico** (descarte temporário) – parte retirada da mina que no momento atual não pode ser beneficiada com lucratividade – estocado em pilhas para possível uso futuro;
- **Estéril pobre** (descarte permanente) – são materiais muito pobres, que não serão utilizados no futuro – além de descartados adequadamente podem ser usados para recomposição topográfica, estabilização de taludes, construção de barramentos e outros fins;
- **Capeamento superficial** (solos) – material relativamente friável retirado para acesso ao minério, é bastante útil e pode ser estocado para variados fins.

A seguir tem-se uma representação simplificada de um depósito, Figura 1, e as projeções das escavações para visualização dos conceitos e destinos dos materiais de mina:

**Figura 1:** Visualização de um depósito mineral e perfil das escavações



Fonte: Autoria própria, 2021.

Pelo fato de a lavra não ser perfeitamente seletiva e os depósitos geralmente possuírem regiões de transição (com teores intermediários ou marginais), tanto minério como estéril contêm mineral-minério (parte útil) e ganga (parte não útil). No entanto, espera-se que o minério possua um teor de mineral-minério maior que o estéril.

### 3. DISPOSIÇÃO DE ESTÉREIS

O depósito de estéril deve estar tão próximo quanto possível das frentes de lavra, por questões de custos de remoção e relativamente afastado, para não trazer interferências nas mesmas, como bloquear os avanços e comprometer o pleno aproveitamento do depósito. Devem-se amostrar, conhecer as características físicas e químicas dos estéreis, para dispor seletivamente em regiões ou camadas pré-definidas na pilha.

A forma de disposição dependerá das características granulométricas, da composição dos materiais, da homogeneidade, da umidade, dos equipamentos disponíveis, da topografia local, dentre outros aspectos. Ver a seguir, na Figura 2, uma pilha de estéril em desenvolvimento:

**Figura 2:** Pilha de estéril



**Fonte:** Gontijo, 2018.

Certos métodos a céu aberto, como o método de lavra em tiras (*strip mining*) permitem a disposição dos estéreis quase que concomitante com a extração, favorecendo ambiental e tecnicamente os descartes. Porém, essa metodologia somente é empregada sob condições geológicas e morfológicas favoráveis dos depósitos.

Atualmente, outros estudos e procedimentos têm sido desenvolvidos para a reutilização de estéreis e rejeitos no preenchimento de cavas exauridas, para métodos de lavra em cava, conforme mostrado na Figura 3 (a seguir). Essa estratégia, quando executada de forma devidamente planejada, permite uma destinação sustentável dos estéreis.

**Figura 3:** Uso de estéreis em cavas exauridas

**Fonte:** Gontijo, 2018.

A mineração por métodos de lavra subterrâneos segue princípios semelhantes aos processos da lavra a céu aberto quanto aos estéreis e suas destinações. No entanto, em alguns métodos, como corte e enchimento (*cut and fill*), os estéreis podem ser reutilizados, quase que imediatamente, para preencher espaços vazios de realces ou painéis, após a extração dos minérios, reduzindo os custos, favorecendo a operacionalidade da extração e a recuperação ambiental.

#### **4. OUTRAS ALTERNATIVAS PARA ESTÉREIS**

As empresas podem criar ou adotar alternativas e parcerias sinérgicas com cooperativas, órgãos públicos e consumidores para viabilizar a utilização dos estéreis. Dentre os principais aproveitamentos ou usos dos estéreis, podem-se destacar:

- 1) Como produtos com qualidades inferiores;
- 2) Como substâncias secundárias: subprodutos. Aproveitando outros minerais ou para usos diferentes do minério principal;
- 3) Em barragens, recuperação ambiental, enchimentos de aterros de minas;
- 4) Como matérias primas para artesanatos e decorativos;
- 5) Em construção civil (pavimentação e agregados);
- 6) Para aterros sanitários e outras obras urbanas etc.



## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A gestão dos estéreis é parte fundamental do processo de mineração responsável e pode ter seus custos reduzidos e mesmo produzir benefícios. Dentre os vários aspectos e benefícios dos controles dos resíduos sólidos de mina, tem-se os seguintes itens a recomendar:

- Aprimorar as pesquisas e projetos, com adoção das melhores práticas e tecnologias;
- Procurar o aproveitamento dos resíduos para usos comerciais e outros;
- Otimizar os parâmetros técnicos (como *cut off*, relação estéril-minério e índices de lucratividade) para redução da geração de estéreis e rejeitos;
- Adotar os melhores métodos de lavra, métodos mais seletivos e eficientes;
- Aperfeiçoar os estudos de geologia e amostragem, de modo a permitir o correto aproveitamento da jazida e a redução dos descartes de encaixantes e contaminantes;
- Investir na modernização de equipamentos e procedimentos adequados de operações, transportes e disposições;
- Eliminar as áreas de descartes sem planejamentos (“bota fora”) e adotar os sistemas de disposições controladas, de forma dimensionada e otimizada, usando *softwares* de otimização de *pit* (planejamento de mina), de operação de lavra e de confecção de pilhas;
- Promover disposições classificadas, com separação dos materiais em descartes provisórios (de qualidade inferior, com potencial) e descartes permanentes (sem utilidade, a longo prazo);
- Pensar estrategicamente e buscar sempre a redução dos riscos sociais e ambientais.

## REFERÊNCIAS

ABNT (2006). NBR 13.029: *Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 2006.

ARAGÃO, G. A. S. *Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2470>. Acesso em: 15 mar. 2020.

CARVALHO, Wesley Durval Soares de. *Sistema de disposição compartilhada de estéreis e rejeitos desaguados da mina de Fernandinho*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/9803>. Acesso em: 20 fev. 2020.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. *Normas Regulamentadoras de Mineração – NRM 19*. pág. 74 - 82. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: [http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm\\_19.htm](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_19.htm). Acesso em: 10 mai. 2020.

FERREIRA, Felipe Artur Bernardo. *Pilha estéril: dimensionamento e classificação*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra a Céu aberto) - Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 2016. Disponível em: <http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/1958>. Acesso em: 21 jun. 2020.

GOMES, A. C. F. *Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração*. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e Minas da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-AN9QQC>. Acesso em: 26 fev. 2020.

GONTIJO, Marcos Delgado. *Mineração: Meio Ambiente & Sustentabilidade*. 1. ed. Editora Multifoco: Rio de Janeiro, 2018. v. 1. 157 p.

GONTIJO Marcos Delgado. *Uso sustentável de áreas mineradas*. Brasil Mining Site. 2019. Disponível em: <https://brasilminingsite.com.br/uso-sustentavel-das-areas-mineradas/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. *Agenda ambiental na administração pública*. 5. ed. | Revista e atualizada. Brasília – DF | 2009. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/cartilha\\_a3p\\_36.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf). Acesso em: 11 abr. 2020.

ROCHA, A. C. P. *Avaliação do material estéril de formação ferrífera em mineração para disposição seletiva e reaproveitamento futuro*. Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ouro Preto, 2015. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5932/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O\\_Avalia%20C3%A7%20C3%A3oMaterialEst%20C3%A9ril.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5932/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_Avalia%20C3%A7%20C3%A3oMaterialEst%20C3%A9ril.pdf). Acesso em: 20 mar. 2020.

SANT'ANA FILHO, Joaquim Nery de. *Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para fabricação de blocos intertravados*. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: [http://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Joaquim\\_Nery\\_Filho.pdf](http://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Joaquim_Nery_Filho.pdf). Acesso em: 24 fev. 2020.

VICTORINO, Heloísa da Silva. *Análise de deformação em pilhas de disposição de estéril (NWI, W e SIV) no complexo minerador de Carajás com uso de dados stripmap do satélite TerraSAR- X*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/03.09.15.39/doc/publicacao.pdf?metadatarpository=&mirror=iconet.com.br/banon/2007/02.23.11.08>. Acesso em: 15 jun. 2020.



## Caracterização mineralógica e textural do itabirito e minério de ferro de alto teor da mina do Andrade

Marina Silva Dias<sup>1</sup>

Pedro Henrique Santos Lopes<sup>2</sup>

Flávia Cristina Silveira Braga<sup>3</sup>

### RESUMO

A caracterização mineralógica e textural trata da forma, tamanho, o arranjo entre cristais, e é importante, por exemplo, para otimização do processo de sinterização e para a melhoria da qualidade intrínseca do produto. O estudo baseou-se na confecção e descrição de seções polidas de minério e protominério (itabirito) da frente de lavra da mina do Andrade, localizada no município de Bela Vista de Minas, Minas Gerais. O depósito, apesar da aparente homogeneidade do minério, apresenta diferenças não apenas em termos de compacidade das rochas associadas à mineralização e seu teor de Fe, mas também em termos texturais. Foram identificados quatro litotipos associados à mineralização de ferro: itabirito; minério lamelar; lamelar manganífero e o lamelar granular. O itabirito é composto por quartzo, hematita lamelar e granular. Sua textura é lepidogranoblástica, devido ao predomínio de hematita lamelar em comparação com a granular. Os minérios lamelar e lamelar granular são composicionalmente parecidos, diferindo apenas em termos texturais. No primeiro a granulometria é menor e a foliação da rocha é mais penetrativa. O minério manganífero é texturalmente semelhante ao minério lamelar.

**Palavras-chave:** Caracterização Mineralógica. Caracterização Textural. Minério de Ferro.

---

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia de Minas pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: [marinal8.silva.dias@hotmail.com](mailto:marinal8.silva.dias@hotmail.com).

<sup>2</sup>Graduado em Engenharia de Minas pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: [pedrolopes.lopespedro@gmail.com](mailto:pedrolopes.lopespedro@gmail.com).

<sup>3</sup>Graduada, Mestra e Doutora em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. É professora e pesquisadora da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: [flaviacsbraga@gmail.com](mailto:flaviacsbraga@gmail.com).

## ***Mineralogical and textural characterization of itabirite and high-grade iron ore from Andrade mine***

### **ABSTRACT**

*The mineralogical and textural characterization describes the shape, size and arrangement between crystals, and it is important, for example, to optimize the sintering process and to improve the product intrinsic quality. This study was based on the production and description of polished sections of ore and proto-ore (itabirite) from the mining front of the Andrade mine, located in the municipality of Bela Vista de Minas, Minas Gerais. The deposit, despite the apparent homogeneity of the ore, presents differences not only in terms of the compactness of the rocks associated with mineralization and their Fe content, but also in terms of texture. Four lithotypes associated with iron mineralization were identified: itabirite; lamellar ore; manganese lamellar and granular lamellar. Itabirite is composed of quartz, lamellar and granular hematite. Its texture is lepidogranoblastic, due to the predominance of lamellar hematite compared to granular one. Lamellar and granular lamellar ores are compositionally similar, differing only in textural terms. In the first, the particle size is smaller and the rock foliation is more penetrative. Manganese ore is texturally similar to lamellar ore.*

**Keywords:** Mineral Characterization. Textural Characterization. Iron Ore.

Artigo recebido em: 13/11/2021

Aceito em: 17/11/2021

## 1. INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma região bastante rica em *commodities* minerais, destacando o ferro como um dos principais elementos extraídos na região. O Quadrilátero Ferrífero é uma província metalogenética localizada na porção centro-sul do estado de Minas Gerais e abrange uma área de 8.000 km<sup>2</sup>. A exploração de minérios na região é de extrema importância para a economia do Brasil.

A gênese e caracterização dos corpos de minério de ferro do QF é amplamente discutida na literatura (HAGEMANN *et al.*, 2016; HENSLER *et al.*, 2014; ROSIÈRE *et al.*, 2008; ROSIÈRE *et al.*, 2001; ROSIÈRE & RIOS, 2004), sendo a definição dos processos envolvidos importante na caracterização da jazida, de forma a auxiliar a prospecção de novos depósitos, bem como otimizar as reservas já conhecidas e aperfeiçoar os métodos de beneficiamento.

Os minérios de ferro brasileiros apresentam textura e estruturas internas muito variadas, que estão diretamente relacionadas ao ambiente geológico de formação do minério e do protominério, bem como aos processos de metamorfismo e intemperismo sofridos pelas rochas. As características estruturais e texturais do minério de ferro têm sido negligenciadas no controle dos processos de beneficiamento e siderurgia, como por exemplo no processo de sinterização. A avaliação técnica de finos de minérios de ferro no Brasil tem sido rotineiramente realizada na mineração e nas siderúrgicas apenas baseada na caracterização granulométrica e química, sem levar em consideração as características texturais dos materiais, as quais provocam grandes diferenças na eficiência dos processos (VIEIRA *et al.*, 2003).

A caracterização mineralógica e textural trata das propriedades dos grãos componentes da rocha quanto à forma, tamanho, o arranjo entre as unidades granulares (ou cristais) e suas relações de contato. Vieira *et al.* (2003) sugerem que a caracterização mineralógica é importante, por exemplo, para otimização do processo de sinterização e para a melhoria da qualidade intrínseca do produto.

A caracterização mineralógica e textural consistiu-se também de um pilar importante da geometurgia. Segundo Grasso (2015), a geometurgia compreende a junção de diversas áreas, tais como geologia, mineralogia, metalogenia, caracterização tecnológica, lavra, beneficiamento mineral e parâmetros econômicos, no intuito de compreender a variabilidade metalúrgica de um tipo de minério e direcionar a lavra e o beneficiamento para otimizar os

ganhos de um empreendimento mineiro. Deste modo, a caracterização mineralógica e textural é essencial, pois a partir dela é possível obter um modelamento geológico que concentre as informações de mineralogia e texturas dos minérios e posteriormente, por meio desses dados possa ser definido o comportamento metalúrgico dos minerais minério, constituindo deste modo um modelo geometalúrgico eficiente.

O presente trabalho trata do estudo mineralógico e textural do minério das frentes de lavra da Mina do Andrade, localizada no município de Bela Vista de Minas, Minas Gerais. O minério do local é predominantemente classificado apenas com relação à sua compacidade e grau de alteração. O presente trabalho traz uma caracterização detalhada da textura do minério que servirá como base para outros projetos relacionados ao beneficiamento, grau de liberação, aglomeração e geometalurgia.

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO

### 2.1 Geologia Regional

A mina do Andrade localiza-se no extremo nordeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), o qual por sua vez está presente na borda sul do Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1977). O QF apresenta uma complexa história tectônica e deformacional, envolvendo duas orogenias principais: a Transamazônica (2.000-2.200 Ma) e a Brasiliana (650-500 Ma), (ALKMIM E MARSHAK, 1998; DORR, 1969). Essa superposição de diferentes eventos orogênicos resultou na formação de um gradiente deformacional, com intensidade crescente de oeste para leste (Figura 1), e gerou os corpos de minério de alto teor (ROSIÈRE *et al.*, 2001; ROSIÈRE & CHEMALE, 2000). As rochas da região são agrupadas em três unidades geológicas principais: Complexos Metamórficos, constituídos de gnaisses, migmatitos e granitoides; Supergrupo Rio das Velhas, sequência metavulcanossedimentar tipo *greenstone belt*; e o Supergrupo Minas, constituído por rochas metassedimentares clásticas e químicas (CASTRO *et al.*, 2020; DORR, 1969).

O Supergrupo Minas representa uma sequência de rochas plataformais de idade paleoproterozoica que foi depositada sobre o Supergrupo Rio das Velhas (DORR, 1969; RENGGER *et al.*, 1994). A unidade basal é representada pelos Grupos Tamanduá e Caraça, compostos por conglomerados aluviais e arenitos (Formação Moeda) que gradam para pelitos de ambiente marinho raso (Formação Batatal) (DORR, 1969; ALKMIM E MARSHAK, 1998).



O Grupo Itabira sobreposto ao Grupo Caraça é composto pelas formações Cauê e Gandarela, e constitui a sedimentação química da Bacia Minas, apresentando contribuição clástica (DORR, 1969). A formação Cauê é a unidade hospedeira do grande volume de formações ferríferas bandadas, que por estarem metamorfozadas são comumente denominadas como itabiritos, e contêm os corpos de minério de ferro de alto teor na região do QF (ROSIÈRE & CHEMALE, 2000; ROSIÈRE *et al.*, 2008). São identificados os seguintes tipos de itabiritos: quartzo itabirito, itabirito dolomítico e itabirito anfíbolítico (ROSIÈRE & CHEMALE, 2000; SPIER *et al.*, 2007). A formação Gandarela ocorre em contato gradacional com a Formação Cauê, e é composta por rochas carbonáticas, calcíticas e dolomíticas, metaconglomerados intraformacionais e finas camadas de itabiritos (DORR, 1969). A idade de sedimentação proposta para esta unidade é de 2.420 Ma, obtida pelo método Pb-Pb em metacalcário estromatolítico (BABINSKI *et al.*, 1995).

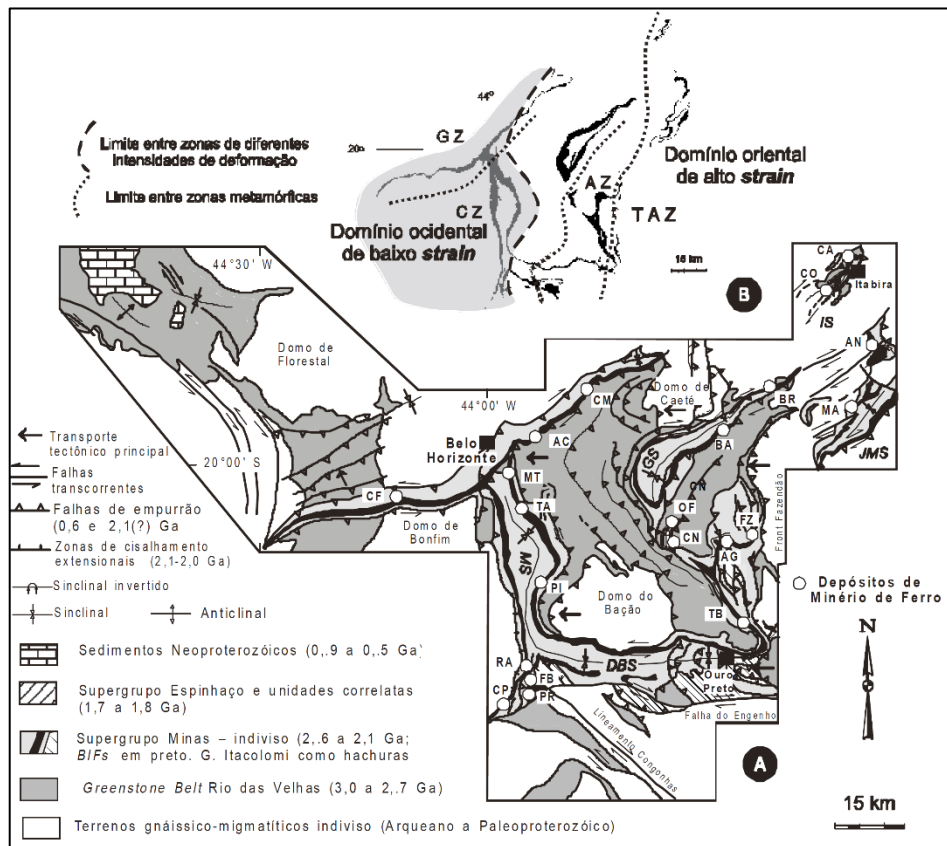
Sobreposta e em contato discordante com o Grupo Itabira há uma espessa pilha de rochas de ambiente marinho raso e deltaico denominada Grupo Piracicaba, o qual é subdividido, da base para o topo, nas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro (DORR, 1969). O Grupo Sabará é a unidade de maior espessura do Supergrupo Minas (3.000 – 3.500 m), e é composto predominantemente por pelito e grauvaca sendo também observado conglomerado, quartzito, filito grafitoso, tufito e vulcânicas máficas e ácidas (DORR, 1969; RENGGER *et al.*, 1994).

## 2.2 Mineralizações de ferro do QF

Uma combinação de processos hipogênicos e supergênicos, este último geologicamente recente, são utilizados para explicar a formação dos minérios de ferro de alto teor do QF (ROSIÈRE, C. A. *et al.*, 2008). Corpos de minério de ferro de alto teor substituem os itabiritos em locais tectonicamente favoráveis, como em zonas de falhas, as quais agiram como condutos dos fluidos hidrotermais, e zonas de charneira, que eram grandes acumuladores dos fluidos mineralizantes (ROSIÈRE, C. A. *et al.*, 2008). Corpos de minério duro ricos em hematita e / ou magnetita de granulação fina estão presentes no domínio oeste de baixa deformação do QF (Figura 1). A deformação subsequente levou à recristalização e ao desenvolvimento de minérios de hematita de alto grau distintamente xistosos, característicos do domínio leste de alta deformação e metamorfismo (ROSIÈRE, C. A. *et al.*, 2008).

A composição mineralógica do protominério (itabirito) e minérios são bastante simples, apresentando óxidos de ferro (magnetita, martita e hematita) e silicatos (quartzo e anfibólios) e/ou carbonatos como componentes principais (ROSIÈRE & CHEMALE, 2000). No entanto, os óxidos de ferro apresentam características morfológicas distintas, indicativas dos processos deformacionais e metalogenéticos sofridos pela rocha. Diferentes tipos de cristais de hematita (especular, martita, granular, microgranular, etc.), com tamanhos de cristais variando de 1µm até 1000 µm, são encontrados nos tipos de minérios existentes além de existirem diferentes tipos de trama dos cristais, tais como granoblástica, lepidoblástica e granolepidoblástica (ROSIÈRE & CHEMALE, 2000).

**Figura 1:** (A) Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero. Principais estruturas tectônicas: DBS – Sinclinal de Dom Bosco, MS – Sinclinal de Moeda, GS – Sinclinal de Gandarela, IS – Sinclinório de Itabira, JMS – Sinclinório de João Monlevade. Principais depósitos de minério de ferro: CF – Córrego do Feijão, MT – Mutuca, TA – Tamanduá, RA – Retiro das Almas, CP – Casa de Pedra, FB – Fábrica, PR – Pires, PI – Pico do Itabirito, AC – Águas Claras, CM – Córrego do Meio, OF – Ouro Fino, Capanema, TB – Timbopeba, AG – Alegria, FZ – Fazendão, BA – Baú, BR – Brucutú, MA – Morro Agudo, AN – Andrade, CO – Conceição, CA – Cauê. (B) Localização dos domínios metamórficos e estruturais do Quadrilátero Ferrífero. Área sombreada corresponde a domínio de baixa deformação. Zonas metamórficas segundo Pires (1995): GZ – Zona da Grunerita, CZ – Zona da Cummingtonita, AZ – Zona da Actinolita, TAZ – Zona da Tremolita-Antofilita. Representado em preto estão as formações ferríferas do Grupo Itabira



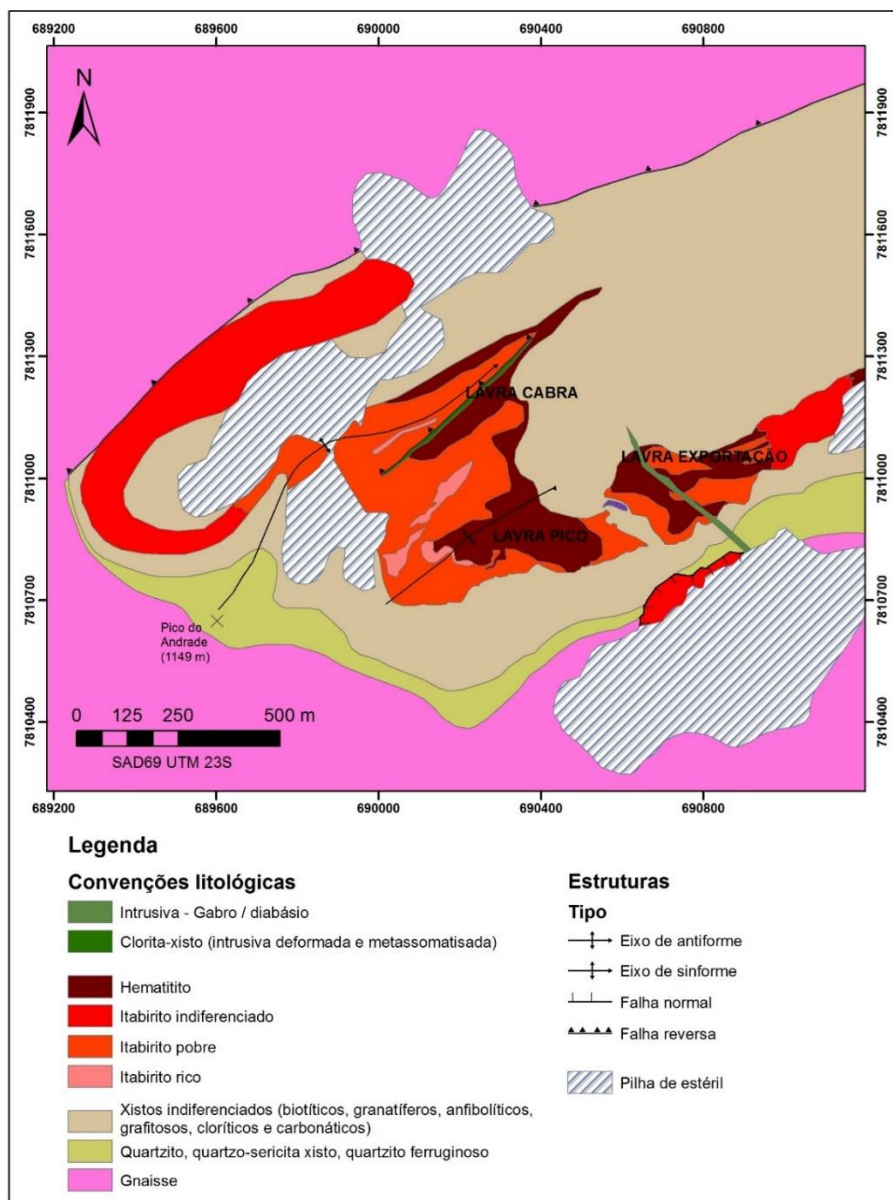
Fonte: ROSIÈRE & CHEMALE, 2000.

No mapa da Figura 1 é possível observar a divisão do QF em dois domínios estruturais distintos: domínio ocidental de baixa deformação (*strain*) e domínio oriental de alta deformação. A textura dos minérios da porção oeste do QF é em geral granoblástica enquanto que os minérios da porção oriental, onde localiza-se a cidade de João Monlevade e a Mina do Andrade, têm textura lepidoblástica.

### **2.3 Geologia local da mina do Andrade**

A sequência estratigráfica da mina do Andrade é constituída da base para o topo, pelo embasamento (composto por gnaisse e anfibolito), Supergrupo Minas (composto localmente por quartzitos, xistos, itabirito com corpos de minério de alto teor), rochas intrusivas e coberturas sedimentares (Figura 2) (MDGEO, 2008; PAGANIN NETO, 2016; RAMOS *et al.*, 1996). O itabirito possui espessura em torno de 100 metros na região central da mina e 50 m em seu prolongamento leste (PAGANIN NETO, 2016).

O xisto intrusivo (Figura 2) representa diques máficos que foram submetidos a metamorfismo e hidrotermalismo, afetando e obliterando dessa forma sua mineralogia e textura ígnea. Raros corpos de gabro / diabásio são observados na área da mina. De acordo com Mendes *et al.* (2014), as rochas intrusivas apresentam persistência e espessura variáveis. As coberturas sedimentares constituem-se de depósitos de ganga laterítica que capeiam as unidades geológicas, apresentando espessura média de 10 metros.

**Figura 2:** Mapa geológico da mina do Andrade

**Fonte:** Modificado de PROMINAS, 2005 apud SALIBA, 2007.

Diversos trabalhos classificam os corpos de itabirito e minério de alto teor da região baseado em sua compacidade. Ramos *et al.* (1996) subdividem em hematita xistosa compacta, hematita semi-compacta, hematita xistosa friável e hematita pulverulenta. PROMINAS (2005 apud SALIBA, 2007) faz a subdivisão baseada no teor de ferro em hematitito, itabirito indiferenciado, pobre em Fe e rico em Fe (Figura 2). No tópico a seguir apresenta-se a classificação baseada na mineralogia e textura das amostras estudadas.

A mina está localizada no sinclinal Andrade, estrutura com eixo mergulhando para NE, e xistosidade com direções que variam entre E-W e NW-SE (JANUZZI *et al.*, 1995). A xistosidade é pervasiva e localmente milonítica, e acompanha o corpo mineralizado

(JANUZZI *et al.*, 1995). Os contatos são marcados por falhas de empurrão sendo estas zonas marcadas pelo processo de estiramento, milonitização e cominuição, que facilitam a atuação dos processos intempéricos.

### 3. METODOLOGIA

Foi realizado um trabalho de campo na mina do Andrade para descrição de afloramentos da frente de lavra e coleta de amostras. A partir das amostras coletadas foi realizada a confecção de seis seções polidas de minério e protominério pelos próprios autores, utilizando serra policorte e politriz, equipamentos disponíveis no laboratório de preparação de amostras do Centro Tecnológico da UEMG, Unidade João Monlevade - CTec. Após a seleção das amostras, realizou-se o corte das mesmas utilizando serra policorte com disco diamantado.

Após serem cortadas em seções de aproximadamente 2,5 cm x 1,5 cm x 1,0 cm, as amostras foram embutidas a quente em baquelite, um material tipicamente usado para embutimento de seções de aço. O embutimento foi feito em uma amostra por vez e o tempo de embutimento foi de 25 minutos para cada.

As amostras embutidas foram polidas a úmido, utilizando a politriz e lixas d'água de granulometria variando de 110 a 8,5  $\mu\text{m}$ . O processo de polimento em cada lixa durou em torno de 15 a 20 minutos. Para dar o acabamento, após a utilização das lixas, utilizou-se pasta diamantada de 1  $\mu\text{m}$ .

A caracterização mineralógica e textural foi feita por meio de microscopia ótica de luz refletida do CTec-UEMG e do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Nesta etapa foram descritas microscopicamente, além das seções confeccionadas, seções polidas do depósito do Andrade cedidas pelo professor Carlos Alberto Rosière do IGC-UFMG. Foi realizada ainda a avaliação da textura dos minerais minérios e da porosidade das amostras através de imagens de SE (*Secondary electron*) e BSE (*Back-scattered electrons*) obtidas no Microscópio eletrônico de varredura (MEV) do Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC) do IGC-UFMG. As amostras do depósito do Andrade foram fragmentadas em pequenos pedaços, com tamanhos de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup> cada, para serem inseridas no MEV.

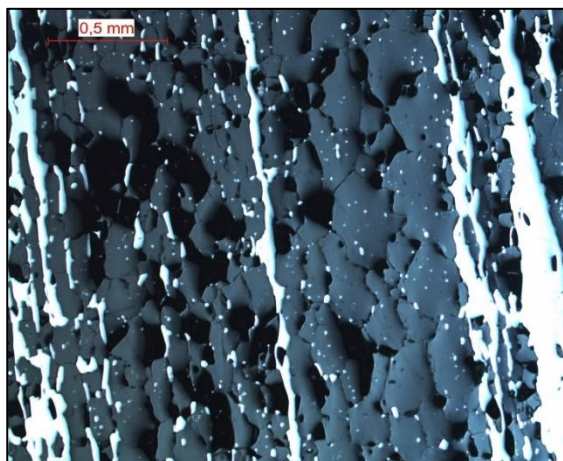


#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da descrição macroscópica e microscópica das amostras foram discriminados os seguintes litotipos associados à mineralização de ferro do Andrade: itabirito, minério lamelar e granular, minério lamelar e minério lamelar manganésífero. Com relação à compactidade as rochas podem apresentar-se de forma friável, semi-friável e compacta. As seções polidas foram confeccionadas apenas nas amostras compactas.

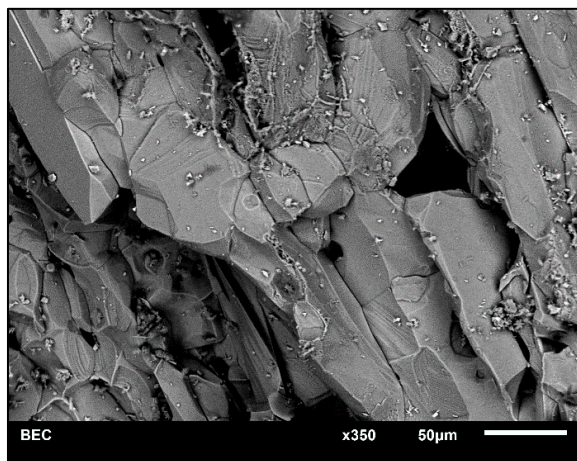
As amostras de itabirito possuem como minerais principais quartzo (45-50%), hematita lamelar (10-50%) e hematita granular (5-20%) – Figuras 3 e 4. O itabirito pode conter ainda até 10% de sericita próximo ao contato com o xisto. Apatita ocorre como mineral acessório. Fora da área da mina, observa-se porções do itabirito com intercalação de bandas milimétricas de óxidos/hidróxidos de manganês. Sua textura é lepidogranoblástica e a granulação é média a fina. Possui foliação paralela ao bandamento muitas vezes pouco definido, com alternância de bandas sub-milimétricas de quartzo e óxidos de ferro. Os cristais de quartzo são subédricos e apresentam em geral hábito alongado. O padrão textural da hematita é predominantemente lamelar e seus cristais são subédricos.

**Figura 3:** Textura geral do itabirito em microscópio de luz refletida. Hematita lamelar (cinza claro), quartzo (cinza escuro)



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 4:** Detalhe da hematita lamelar do itabirito em imagem BSE

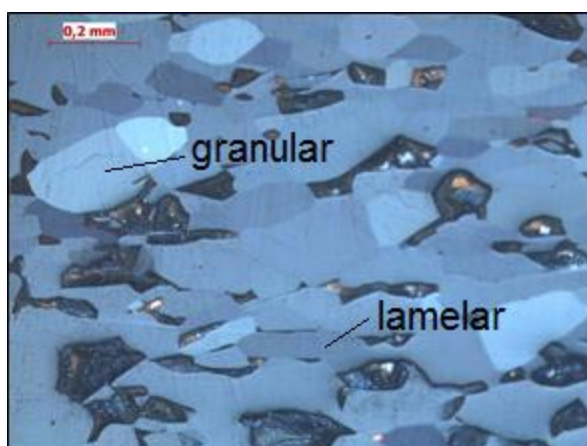


Fonte: Autoria própria, 2021.

As amostras de minério de ferro lamelar e granular são assim classificadas por possuírem hematita de dois tipos morfológicos (Figuras 5 a 8). Os minerais principais são hematita lamelar (50-70%), hematita granular (20-70%), quartzo (3-20%) e sericita (5%), e a granulação varia de fina a média. Rara pirita e apatita ocorrem como minerais acessórios. A textura da rocha é lepidogranoblástica. Quartzo ocorre na forma de lentes dispostas

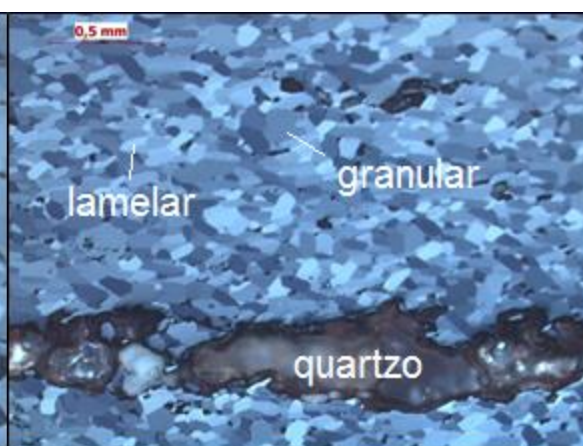
paralelas a esta foliação, e possuem em geral granulação maior que a hematita (Figura 6). As amostras são frequentemente muito compactas, sendo difícil a identificação dos limites dos cristais em seção polida.

**Figura 5:** Detalhe da textura do minério de ferro hematítico lamelar e granular em microscópio de luz refletida



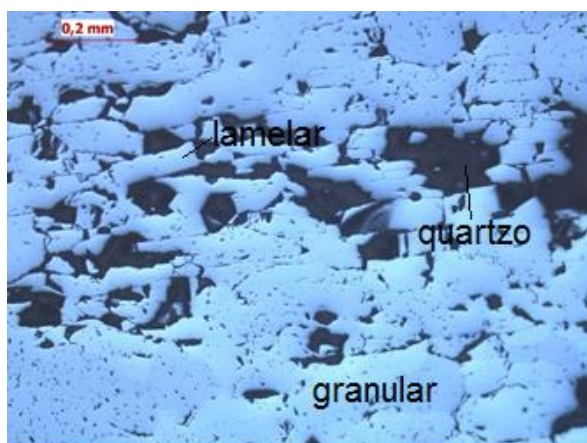
Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 6:** Visão geral da textura do minério lamelar e granular em microscópio de luz refletida. Na parte inferior da imagem há vênula de quartzo



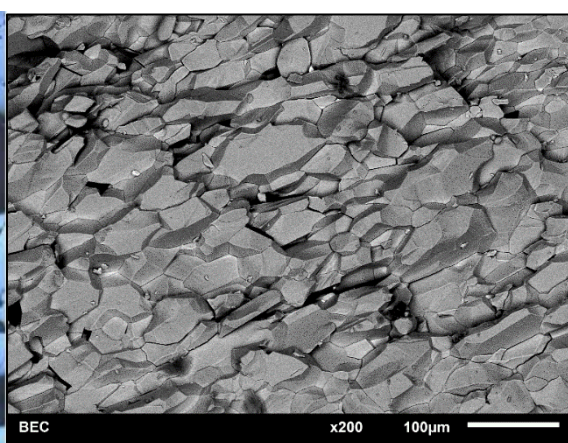
Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 7:** Detalhe da textura do minério lamelar e granular em microscópio de luz refletida



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 8:** Detalhe da forma da hematita granular em imagem BSE



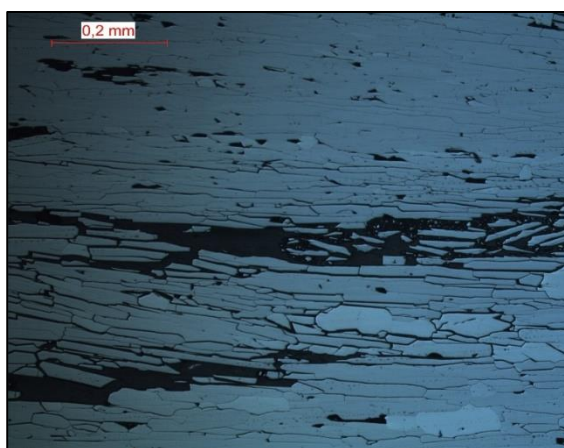
Fonte: Autoria própria, 2021.

O minério de ferro lamelar tem como mineral predominante a hematita lamelar, a qual ocorre com granulometria frequentemente muito fina, sendo passível de classificação como minério microlamelar em algumas amostras (Figuras 9 e 10). Cristais classificados como microlamelares possuem espessura inferior a 125 µm. A mineralogia principal é constituída por hematita lamelar a microlamelar (80-95%), hematita granular (0-5%),



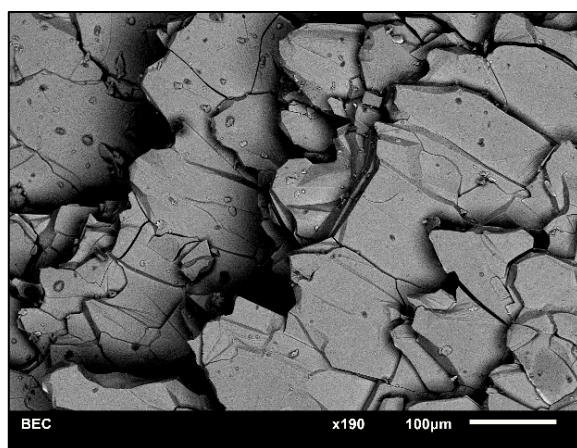
quartzo (4-14%) e filossilicatos – sericita/caulinita sericita (0-5%). A textura da rocha é lepidoblástica. Cristais de hematita lamelar variam de euédricos a subédricos. A rocha possui foliação bastante marcante, penetrativa e contínua.

**Figura 9:** Detalhe da textura do minério hematítico microlamelar em microscópio de luz refletida



Fonte: Autoria própria, 2021.

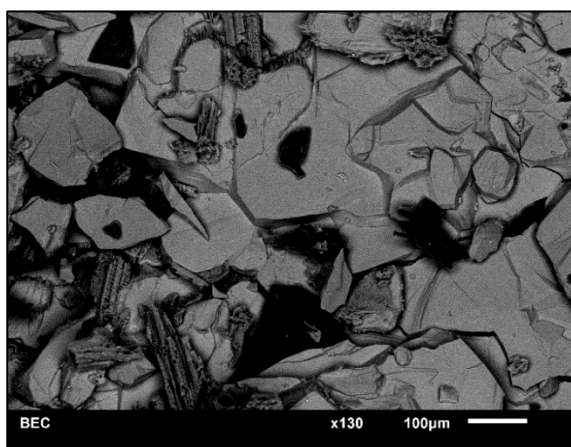
**Figura 10:** Detalhe da hematita do minério microlamelar em imagem BSE



Fonte: Autoria própria, 2021.

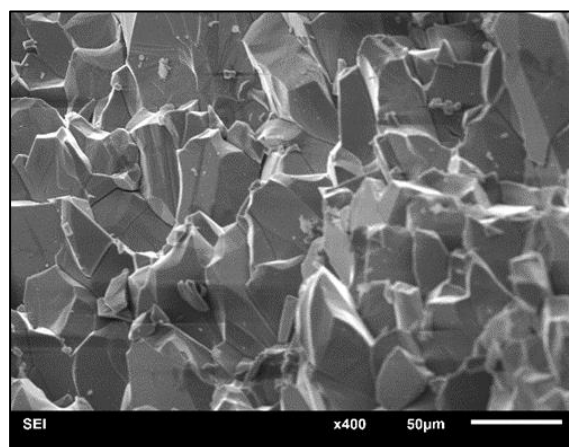
O minério lamelar manganésífero (Figuras 11 e 12) possui como diferencial do descrito anteriormente a presença de níveis de espessura milimétrica ricos em óxido/hidróxidos de manganês, que podem atingir até 5% do conteúdo mineralógico da amostra.

**Figura 11:** Imagem BSE do minério lamelar manganésífero



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Figura 12:** Detalhe da hematita lamelar do minério lamelar manganésífero em imagem SE



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 5. CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado é notável que o depósito do Andrade apesar da aparente homogeneidade do minério, apresenta diferenças não apenas em termos de compacidade, mas também em termos texturais. Em termos de compacidade são descritos três tipos: compacto, semi-friável (ou semi-compacto) e friável. Os padrões texturais visualizados a partir da análise microscópica das seções variam entre lepidoblástico (hematita de formato microlamelar a lamelar), granoblástico (formato granular) e granolepidoblástico (lamelar e granular). O tamanho dos grãos de hematita apresentou variação entre 50 µm a 500 µm. A existência do padrão textural lamelar em muitas amostras estudadas por meio das seções deve-se ao elevado grau de metamorfismo presente na região de estudo ( fácies anfíbolito), além da presença de zonas de cisalhamento.

No depósito de Andrade foram identificados quatro litotipos associados à mineralização de ferro: itabirito; minério lamelar; lamelar manganésífero e o lamelar granular. O itabirito é composto por quartzo, hematita lamelar e granular. Sua textura é lepidogranoblástica, devido ao predomínio de hematita lamelar em comparação com a granular. Quartzo apresenta indícios do processo de deformação sofrido pela rocha, pois seu hábito é alongado, paralelo à foliação da rocha. Os minérios lamelar e lamelar granular são composicionalmente parecidos, se diferindo apenas em termos texturais. No primeiro a granulometria é menor e a foliação da rocha é muito mais marcante e penetrativa. No segundo a foliação existe, mas é mais discreta. O minério manganésífero é texturalmente semelhante ao minério lamelar, no entanto é marcante a presença de intercalações de níveis de Mn, um importante contaminante.

O modelo geológico de um depósito pode incorporar, além dos diferentes níveis de compacidade e teores, os diferentes níveis texturais uma vez que cada litotipo associado à mineralização terá dureza e graus de liberação distintos, o que influenciará no rendimento do processo de cominuição e beneficiamento adotado. Um maior controle do material predominante na alimentação da usina poderia gerar resultados mais previsíveis e processos adequados e mais eficientes. O estudo feito é importante para direcionar estudos de processamento mineral, bem como prever o comportamento dos minérios estudados na siderurgia.

Recomenda-se a continuidade do estudo, com caracterização química, determinação do PPC (percentual de perda por calcinação), análises granulométricas e do grau de liberação dos diferentes litotipos descritos.

## REFERÊNCIAS

- ALKMIM, F. F. DE; MARSHAK, S. *Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero*. **Precambrian Research**, v. 90, n. 1–2, p. 29–58, 30 jun. 1998.
- ALMEIDA, F. F. M. *O Cráton do São Francisco*. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, p. 349–364, 1977.
- BABINSKI, M.; CHEMALE, F.; VAN SCHMUS, W. R. *The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil*. **Precambrian Research**, v. 72, n. 3–4, p. 235–245, abr. 1995.
- CASTRO, P. DE T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (Org.). *Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Ouro Preto, 2020.
- DORR, J. V. N. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. US Government Printing Office, 1969.
- GRASSO, C. B. *Geologia e Geometalurgia dos minérios de fosfato na base do manto de intemperismo da mina do Barreiro, Araxá*. 2015. 261 f. Tese de Doutorado, Curso de Geologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- HAGEMANN, S. G.; ANGERER, T.; DUURING, P.; ROSIÈRE, C. A.; FIGUEIREDO e SILVA, R.C.; LOBATO, L.; HENSLER, A.S.; WALDE, D.H.G. *BIF-hosted iron mineral system: a review*. **Ore Geology Reviews**, v. 76, p. 317–359, 2016.
- HENSLER, A. S.; HAGEMANN, S. G.; BROWN, P. E.; ROSIÈRE, C. A. *Using oxygen isotope chemistry to track hydrothermal processes and fluid sources in itabirite-hosted iron ore deposits in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. **Mineralium Deposita**, v. 49, n. 3, p. 293–311, 2014.
- JANUZZI, A.; RAMOS, M. C. D.; ROSIÈRE, C. A.; GUIMARÃES, M. L. V. *A estruturação tectônica da mina do Andrade, NE do Quadrilátero Ferrífero, MG*. In: **V Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, p. 351-353, 1995.
- MDGEO. *Relatório técnico para a obtenção de outorga do rebaixamento do nível d'água subterrânea da Mina do Andrade*. Relatório interno CVRD, 2008.
- PAGANIN NETO, M. *Estudo da influência do nível d'água nas análises de estabilidade dos taludes da cava da mina do Andrade*. 2016. 248 f. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- RAMOS, M. C. D.; ROSIÈRE, C. A.; HACKSPACHER, P. C.; SIEMES, H.; GUIMARÃES, M. L. V.; MORENO, M. M. T. *Tipologia e textura dos minérios de ferro da*

*mina do Andrade (João Monlevade, MG). In: Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, Sergipe, p. 459-463, 1996.

RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; ROMANO, A. W.; MACHADA, N. *Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Geonomos*, v. 2, n. 1, p. 1–11, 1994.

ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE, F. J. *Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero - uma visão geral e discussão. Geonomos*, v. 8, n. 2, p. 27–43, 2000.

ROSIÈRE, C. A.; RIOS, F. J. *The origin of hematite in high-grade iron ores based on infrared microscopy and fluid inclusion studies: The example of the Conceição Mine, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Economic Geology*, v. 99, n. 3, p. 611–624, 2004.

ROSIÈRE, C. A.; SIEMES, H.; QUADE, H.; BROKMEIER, H.; JANSEN, E. M. *Microstructures, textures and deformation mechanisms in hematite. Journal of Structural Geology*, v. 23, n. 9, p. 1429–1440, set. 2001.

ROSIÈRE, C. A.; SPIER, C. A.; RIOS, F. J.; SUCKAU, V. E. *The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview. Reviews Economic Geology*, v. 15, p. 223–254, 2008.

SALIBA, F. P. M. *Avaliação hidrogeotécnica da Fundação da Pilha de Estéril n° 5 da Mina do Andrade – Bela Vista de Minas (Minas Gerais)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SPIER, C. A.; OLIVEIRA, S. B. de; SIAL, A. N.; RIOS, F. J. *Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Precambrian Research*, v. 152, n. 3–4, p. 170–206, 20 jan. 2007.

VIEIRA, C. B.; ROSIÈRE, C. A.; PENA, E. Q.; SESHADRI, V.; ASSIS, P. S. *Avaliação técnica de minérios de ferro para sinterização nas siderúrgicas e minerações brasileiras: uma análise crítica. REM: R. Esc. Minas*, v. 56, n. 2, p. 97–102, 2003.