

2023.2

**PARA UMA ENGENHARIA DE INTERESSE  
SOCIAL É NECESSÁRIO UM CAMINHO  
SINUOSO E INCERTO.**



## **REVISTA ENGENHARIA DE INTERESSE SOCIAL**

Ano 8, N-11, 2023

ISSN: 2525-6041

editora | **UEMG**

**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

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

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Wagner Ragi Curi Filho, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, Brasil

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

### *Assessores de Editoração*

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

Júlia Granja Figueiredo Pereira, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fernanda Emily Silva, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Vitória de Souza Leite, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Brenda Luiza Santiago Barros, 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

Angelo Quintiliano Nunes da Silva, 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, MG, Brasil

Aline Ferreira Antunes, Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil

Ana Maria Moreira Batista, Universidade do Estado de Minas Gerais, MG, Brasil

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, João Monlevade, MG, Brasil

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

Daniela Maria Rocco Carneiro, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 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

Fernanda Tátia Cruz, Universidade Federal de Ouro Preto Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

Fernando Melo da Silva, Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG, Brasil

Flávia Cristina Silveira Braga, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 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

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

Icaro Trindade Carvalho, Rede Doctum de Ensino, unidade de João Monlevade, MG, Brasil

Jônatas Franco Campos da Mata, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucurí, MG, Brasil

José Alves Ferreira Neto, 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, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, 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, Centro Universitário Municipal de Franca, Brasil

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, João Monlevade, MG, Brasil

Naiara Tavares da Silva, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 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

Renata dos Santos, Universidade Federal de Itajubá, Itabira, MG, Brasil

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

Robert Delano de Souza Correa, Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG, Brasil

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

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

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

Shisley Ramos Barcelos, 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

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

Tadeu Henrique de Lima, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil

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

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

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

# SUMÁRIO

## Editorial

Inverno...	vii
------------	-----

## Artigos

Disposição de Estéreis de Mineração no Contexto da Exploração de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Estado do Espírito Santo .....	1
<i>AURORA: An Intelligent Plant Monitoring System for Greenhouse Deployment</i> .....	19

## Comunicações Curtas

Quantificação do fluxo de escória granulada por meio da equação do sistema INBA® .....	47
--	----

## Relatos de Experiências

Tolerância à diversidade sexual no ambiente escolar a partir de um projeto de extensão .....	55
--	----



## Editorial

### Inverno...

É chegado o tempo de nos recolher, das folhas caírem e nos aconchegarmos nos colos daqueles que nos renovam as energias e as ideias.

Mas, do que estou falando!? A *Revista Engenharia de Interesse Social* cumpriu um ciclo de florescimento – Primavera -, de prosperidade – Verão – e de bons frutos – Outono – mas, inevitavelmente, chegaria o Inverno! E ele chegou! E é momento de fecharmos as nossas janelas e as nossas portas para nutrirmos nossas mentes com reflexões e novas ideias para, mais adiante, podermos voltar a nos banhar com a energia e a luz do Sol.

Após sete anos de muito empenho, esforço, dedicação e emoções, a carinhosamente chamada *REIS* suspende as suas atividades para que, mais tarde, ela possa voltar mais rica e mais forte.

Como um genuíno pisciano, escrevo este editorial transbordando as emoções pelos meus olhos e por todos os meus poros ao recordar os momentos vivenciados ao longo desse período. Mas, apesar de ser um sonhador, olho para frente certo de que o Inverno sempre passa e as flores brotam novamente!

Então, sigamos em frente, certos de que belos dias estão por vir!

Mas, nesse Inverno recomendo a vocês a leitura dos textos que compõem este número da *REIS* por eles nos provocarem importantes reflexões.

Sugiro que vocês leiam inicialmente o artigo **“Disposição de Estéreis de Mineração no Contexto da Exploração de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Estado do Espírito Santo”** para refletir sobre os impactos sociais e ambientais que esse tipo de atividade de mineração causa mas, também, sobre os métodos possíveis de serem adotados para se reduzir tais impactos.

Se aproximando dos princípios de uma Engenharia de Interesse Social, o artigo **“AURORA: An Intelligent Plant Monitoring System for Greenhouse Deployment”** apresenta uma ferramenta tecnológica de baixo custo que poderá atender a pequenos agricultores que requerem um uso racional e otimizado dos seus recursos de produção.

Deslocando a atenção da mineração e da agricultura para a siderurgia, a comunicação curta **“Quantificação do fluxo de escória granulada por meio da equação do sistema INBA®”** nos permite analisar e questionar quantos subprodutos e resíduos da atividade siderúrgica podem estar sendo desprezados com o seu potencial de complementação na geração de capital financeiro para as empresas?

Saindo do campo da produção e voltando o olhar para o campo educacional, o relato de experiência **“Tolerância à diversidade sexual no ambiente escolar a partir de um**

**projeto de extensão”** ressalta a importância da atividade extensionista na formação de nível superior abordando um tema que demanda urgência e atenção para todos envolvidos nos processos formativos nos quais devem prevalecer a ética e o respeito às diferenças de gênero, cor e credo.

Assim, desejamos a todos um final de ciclo de paz e harmonia.

Até breve!

Robson Pereira de Lima



## Disposição de estéreis de mineração no contexto da exploração de rochas ornamentais e de revestimento no Estado do Espírito Santo

Yolacir Carlos de Souza Santos<sup>1</sup>

### RESUMO

Como qualquer outra atividade econômica, a extração de rochas ornamentais e de revestimento provoca no meio ambiente onde se insere diversos impactos no meio físico, biótico e antrópico (sócio-econômico), sendo em sua maioria negativos. Estes, de uma maneira geral, são funções diretas da fase do empreendimento minerário (prospecção, exploração, lavra e recuperação ambiental), contudo, muitos destes acompanham todo o ciclo de vida do empreendimento. Neste sentido, uma grande preocupação do setor de rochas ornamentais diz respeito à gestão dos resíduos gerados, e em última instância, aos métodos mais adequados para a disposição deste material. Assim sendo, e a partir da análise das informações de fiscalizações realizadas nos empreendimentos do Espírito Santo, buscou-se a caracterização da metodologia da disposição de estéril que vem sendo adotada pelo setor, e os principais impactos técnicos, econômicos e ambientais. Desta forma, restou verificado que a maior parte das minas realizam a disposição do estéril pelo método de aterro em encosta, o que traz diversos prejuízos operacionais e ao meio ambiente, sendo o método de pilhas ainda exceção no contexto mineral das rochas ornamentais e de revestimento.

**Palavras-chave:** Mineração. Rochas Ornamentais. Disposição de Estéreis.

---

<sup>1</sup>Graduado em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Possui Especializações em: Segurança do Trabalho; Geoprocessamento e Georreferenciamento; Gestão, Licenciamento e Auditoria Ambiental. Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Trabalha na Agência Nacional de Mineração – ANM, ES, Brasil. E-mail: yolacir@yahoo.com.br.

## ***Disposal of mining wastes in the context of the exploitation of dimensional stones in the State of Espírito Santo***

### **ABSTRACT**

*Like any other economic activity, the extraction of dimensional stones causes several environmental impacts in the physical, biotic and anthropic (socio-economic) environment, most of which are negative. These, in general, are direct functions of the mining project phase (prospecting, exploration, mining and environmental recovery), however, many of these accompany the entire life cycle of the project. In this sense, a major concern of the dimensional stone sector relates to the management of waste generated, and ultimately, the most appropriate methods for the disposal of this material. In this sense and based on information from inspections carried out in enterprises in Espírito Santo, an attempt was made to characterize the methodology for the disposal of waste material that has been adopted by the sector, and the main technical, economic and environmental impacts. In this way, it was verified that most of the mines carry out the disposal of the wastes by the method of Sidehill Fill, which brings several operational and environmental damages, being the method of Heaped Fill still exception in the mineral context of dimensional stones.*

**Keywords:** Mining. Dimensional Stones. Waste Disposal.

Artigo recebido em: 30/03/2023

Aceito em: 07/08/2023

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade de mineração está atrelada a imensos desafios relacionados a questões econômicas, sociais e ambientais. Embora possa ser considerada uma atividade que proporciona empregos e riquezas para uma determinada região, também se caracteriza pelos seus inúmeros impactos ambientais. Estes estão relacionados à depleção de recursos não renováveis, problemas relacionados à saúde dos trabalhadores e comunidades ao entorno do empreendimento, e recentemente, por grandes desastres ambientais e sociais vinculados a rompimentos de estruturas de barragem de disposição de rejeitos (HEENETIGALA *et al.*, 2015).

Dentro deste contexto, e adentrando a vocação mineral capixaba, insta destacar que a exploração de rochas ornamentais e de revestimento (RO's) possui algumas características diferenciadas em relação às commodities minerais. De uma forma geral, é caracterizada como uma atividade que possui baixa intensidade tecnológica, reduzida exigência em termos de escala mínima de produção, caráter exógeno de inovação e apresenta a capacidade empreendedora do dirigente como fator crítico para a competitividade (SPÍNOLA; GUERREIRO; BAZAN, 2004).

Os impactos ambientais da atividade de exploração se iniciam na fase de prospecção e pesquisa mineral, prosseguindo em todo seu ciclo de vida. Contudo, os maiores impactos ambientais da atividade referem-se à fase da lavra propriamente dita, relacionados, dentre outros, a processos erosivos, carreamento de partículas sólidas para corpos hídricos a jusante do empreendimento, alteração paisagística, ruído, vibração, partículas em suspensão, contaminação do solo por graxas e óleos, contaminação de corpos hídricos com óleos, graxas, dejetos humanos, disposição de grande quantidade de estéreis etc. (SANTOS, 2016).

Neste sentido, um dos grandes problemas que assombra o setor das RO's diz respeito à quantidade de estéreis gerados durante a etapa de lavra. Especificamente sobre esta questão, Careddu (2019) assevera que apenas 49% de todo o material extraído *in situ* na jazida é efetivamente transformado em blocos comercializáveis; e deste total, 59% é transformado em produto, após a etapa de beneficiamento, fazendo com que o aproveitamento global da atividade atinja recuperações de apenas 29%.

Dentro deste contexto, a disposição de estéreis torna-se de fundamental importância para o setor, principalmente em face das restrições ambientais, regulatórias e mesmo operacionais. Assim, e considerando a importância da atividade mineral para a economia

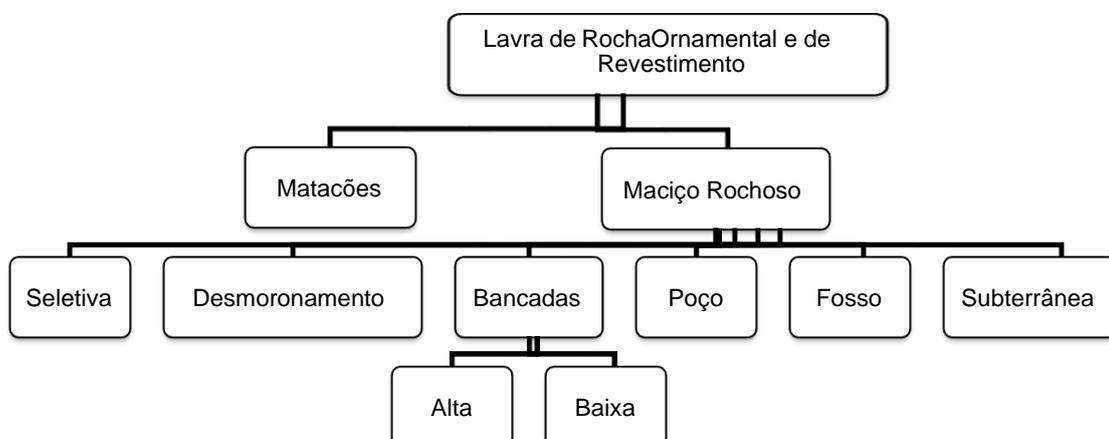
capixaba, faz-se necessário buscar o entendimento da atual situação do setor extrativo de RO's no que se refere às técnicas de disposição de estéreis que têm sido aplicadas nas operações mineiras. Isto posto, o objetivo deste artigo reside na descrição, a partir dos dados de vistorias realizadas no âmbito das atribuições do órgão responsável pela gestão do patrimônio mineral brasileiro, da configuração das técnicas de disposição de estéreis que vêm sendo adotadas nas atividades de exploração de RO's no contexto do Estado do Espírito Santo, segundo a classificação da BC Mine Waste Rock Pile Research Committee (1991).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Metodologia de lavra e principais operações unitárias das atividades de exploração de RO's

Segundo Vidal, Azevedo e Castro (2014), a extração de RO's consiste em uma atividade que tem como objetivo a remoção de material útil ou economicamente aproveitável, a partir de maciços rochosos e/ou matacões, tendo como produto desta, blocos de arestas com dimensões variáveis, visando o ulterior aproveitamento, a partir de etapas posteriores de beneficiamento. Com relação à metodologia da lavra, a extração mineral pode ser classificada como céu aberto ou subterrânea, com predominância em nosso país de atividades de lavra pelo método a céu aberto. Reis e Sousa (2003) sugerem a subdivisão, em relação à forma do jazimento mineral (maciço rochoso ou matacões), nos termos destacados na Figura 1.

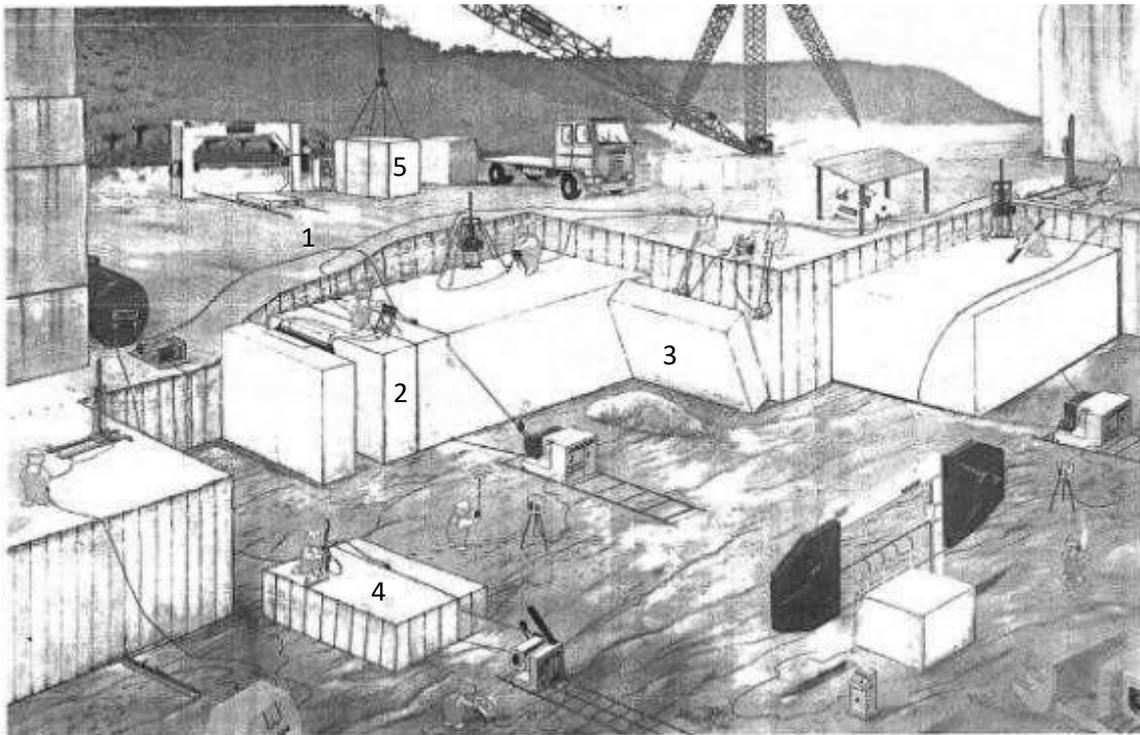
**Figura 1:** Esquema simplificado das metodologias de lavra de rochas ornamentais



**Fonte:** Adaptado pelo autor a partir de Reis e Sousa (2003).

O seu ciclo de operações pode ser subdividido nas seguintes etapas unitárias: decapeamento do maciço rochoso/matacão, desmonte primário (separação do "filão" do seio da rocha), tombamento do filão, desmembramento da prancha em blocos e movimentação/içamento destes para os locais de armazenamento, para posterior transporte para unidades de beneficiamento (MAIOR, 2013). Para maior entendimento, encontram-se destacadas na Figura 2 as principais operações unitárias de uma exploração de RO's.

**Figura 2:** Desenho esquemático das principais operações unitárias de uma atividade extrativa de RO's



Legenda: (1)- Decapeamento; (2)- Desmonte Primário; (3)-Tombamento do "filão"; (4)- Desmembramento da prancha em blocos; (5)- Içamento de blocos.

Fonte: Instituto Geológico Y Minero De España (2003).

## 2.2 Geração de estéreis na atividade de exploração de RO's: estimativas de volumes e principais causas

Strzałkowski (2021) destaca que tem sido verificado a nível mundial o aumento da produção das RO'S, e por conseguinte, o aumento dos estéreis gerados nas atividades. Tal situação vem ocasionando diversos impactos ambientais nos países produtores de RO's.

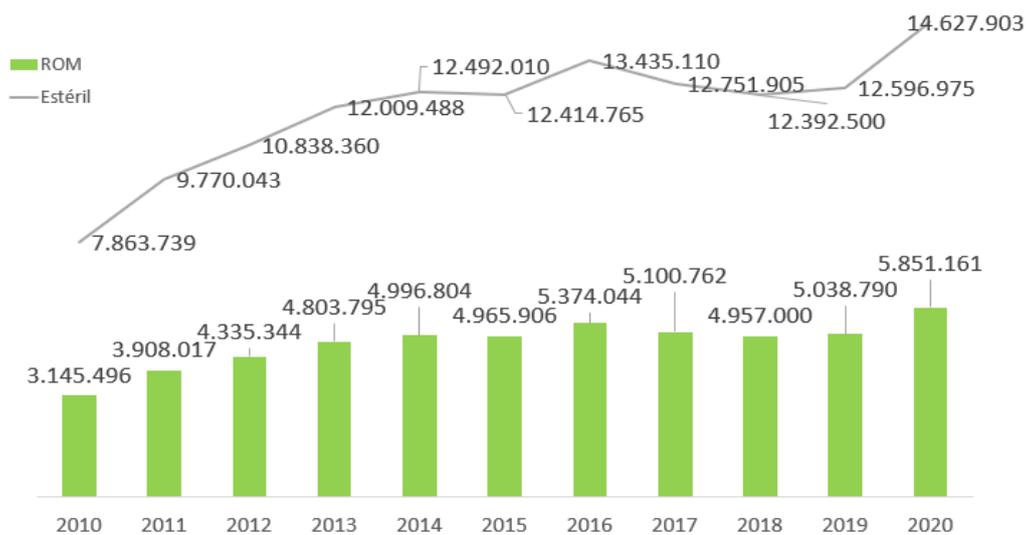
Dados da Agência Nacional de Mineração (ANM) apontam que na última década a produção mineral de RO's do Brasil teve um aumento da ordem de 33,20% (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2023). Zagôto (2016) destaca, segundo estudos

realizados por empresas do setor, que entre 40% e 60% de todo o material explotado é considerado estéril. Ainda nesta temática, Reis *et al.* (2020) destacam que a recuperação (aproveitamento da lavra) depende da tipologia de rocha a ser extraída, podendo variar de 7% a 60%, valor este também verificado em Andrade (2021).

De uma forma ampla, os estéreis de uma lavra de RO's são constituídos de solos provenientes do decapeamento da jazida, rochas intemperizadas, e a maior parte, proveniente de fragmentos de rochas devido à “imperfeição” do material explotado e de aspectos vinculados às características geomecânicas das rochas naturais ou induzidas pelas operações mineiras (ANDRADE, 2021).

Para fins de entendimento da questão, destaca-se na Figura 3 a produção mineral, em termos de ROM, de RO's no período compreendido entre 2010 e 2020; e a projeção de geração de estéril neste mesmo intervalo, considerando uma recuperação de 40%.

**Figura 3:** Produção de RO's no período de 2010 a 2020 e estimativas de geração de estéreis



**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de Agência Nacional de Mineração (2023).

Vagnon *et al.* (2020) destacam que a atividade de exploração de rochas ornamentais deve priorizar, na busca da sustentabilidade, dentre outras, as seguintes ações:

- ✓ Conhecimento dos recursos minerais para o planejamento adequado visando o usadas terras e a gestão adequadas dos processos produtivos;
- ✓ Redução da geração de estéreis na extração das rochas através da adoção de melhores práticas disponíveis, e a busca por tecnologias/mercados que permitam utilização dos estéreis através de subprodutos e;

- ✓ Garantia da sustentabilidade nas operações unitárias da extração com a minimização dos impactos ambientais, através de um planejamento de lavra adequado, que aborde além das questões operacionais, as atividades de recuperação da área degradada e o posterior fechamento da mina.

Acerca da questão da gestão de estéreis no contexto das RO's, Papantonopoulos *et al.* (2007) destacam que o seu principal objetivo tem que estar assentado na redução dos volumes gerados durante a atividade de mineração. Neste contexto, a hierarquia do gerenciamento deve priorizar a redução da produção de estéreis em uma primeira instância; posteriormente, a recuperação dos estéreis através de reciclagem, reuso ou por outros processos disponíveis, e em última instância, a disposição segura de fato dos “estéreis”.

Jalalian, Bagherpour e Khoshouei (2021) asseveram que um dos principais fatores associados à recuperação da lavra de RO's, e conseqüentemente, com a quantidade gerada de estéreis, refere-se às questões vinculadas à geomecânica dos corpos minerais, sejam estes referentes a estruturas existentes (fraturas, juntas e outros) ou decorrentes das tensões geradas durante a etapa de lavra propriamente dita. Para a minimização do impacto destes fatores na recuperação da lavra, os autores sugerem a realização de mapeamento geológico e utilização de ferramentas como o *Ground Penetration Radar* (GPR) para mapeamento de descontinuidades não visíveis, de modo a fornecer informações para um planejamento de lavra que permita nortear as atividades de exploração de forma maximizada. Por outro lado, é importante destacar que questões vinculadas ao mercado, e/ou presença de lineações minerais (“mulas”) ou veios também contribuem com as baixas recuperações verificadas no setor das RO's (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013).

Noutro turno, em relação ao reuso do material, pode ser citado o estudo de Zagôto *et al.* (2015), que realizaram a caracterização do estéril da exploração de RO's da região noroeste do Espírito Santo, concluindo na viabilidade técnica para uso deste material como insumo para construção civil. Por sua vez, Silva e Castro (2016), utilizando ferramentas de georreferenciamento, identificaram possíveis potenciais para o aproveitamento de estéreis na duplicação da BR 101 no contexto capixaba. Por outro lado, Lenke (2017) verificou, utilizando-se testes de caracterização tecnológica, que o estéril de uma determinada extração de RO's da região noroeste do Estado do Espírito Santo não apresentou características que o credenciasse na utilização como agregado para construção civil.

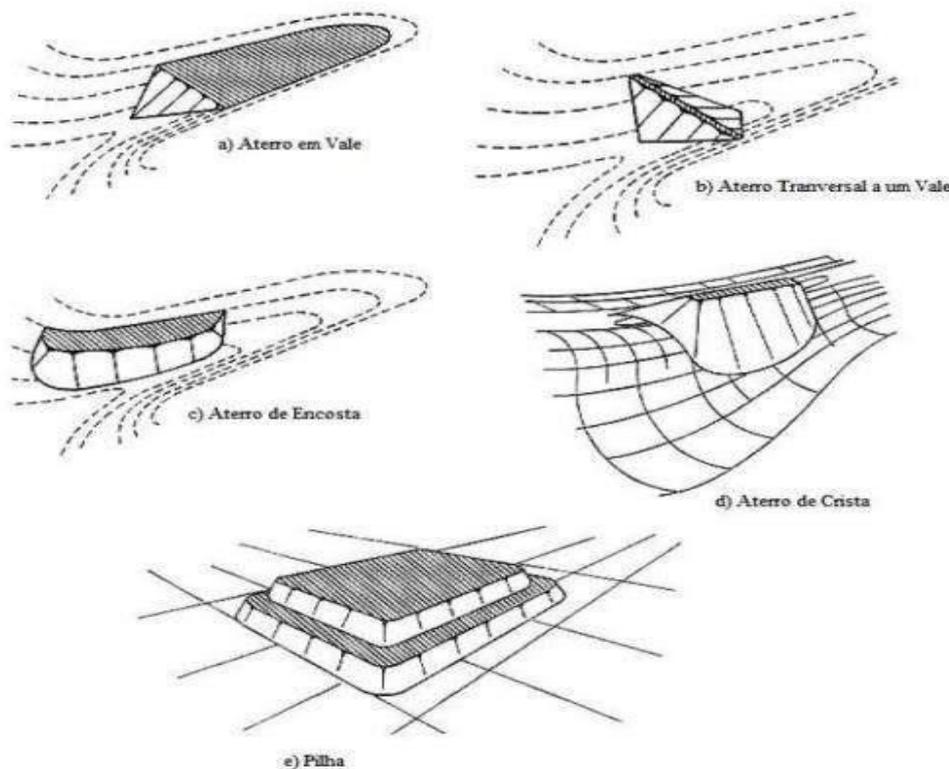
### 2.3 Técnicas de disposição de estéreis

Segundo definição da NBR 13029:2017 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estéril da mina é definido como “todo e qualquer material não aproveitável economicamente, cuja remoção se torna necessária para a lavra de minério” e disposição de estéril em pilhas definido como “formação de pilhas com o estéril de forma planejada, projetada e controlada” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Por sua vez, a Norma Reguladora de Mineração (NRM) nº 19 trata, dentre outras temáticas, da disposição de estéril, e assim como a NBR 13029:2017, traz como exigências a necessidade de estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 2001).

Faria (2016) assevera que a elaboração do projeto da disposição de estéril inicia-se com a estimativa do volume e a tipologia do material a ser empilhado. Ademais, e segundo a mesma autora, a definição do local onde será construída e/ou disposto o material estéril deverá ser precedida, além dos estudos destacados na NRM 19, de análises que envolvam aspectos ambientais, econômicos e regulatórios.

**Figura 4:** Classificação das tipologias de disposição de estéril



**Fonte:** BC Mine Waste Rock Pile Research Committee (1991).

A BC Mine Waste Rock Pile Research Committee (1991), baseada nos estudos de OSM (1989), Taylor e Greenwood (1981), Wahler (1979) e outros, propôs a classificação dos locais de disposição de estéreis, quanto a seu tipo, em aterro em vale, aterro transversal a um vale, aterro em encosta, aterro de crista e pilha, consoante ao destacado na Figura 4.

Cabe destacar que a obra denominada “Mined Rock and Overbuden Piles” apresentada pelo governo canadense pela BC Mine Waste Rock Pile Research Committee (1991), além de uma proposta de classificação quanto a sua tipologia, traz uma metodologia que permite a avaliação ponderada dos fatores que podem afetar a estabilidade física de uma pilha. Quanto ao método construtivo, a disposição de estéril pode ocorrer de forma ascendente ou descendente, contudo, de forma geral, o método ascendente, do ponto de vista de estabilidade, apresenta melhores resultados; conquanto, algumas alternativas como exemplo o uso do “*wrap-arounds*” podem melhorar consideravelmente a estabilidade da disposição realizada de forma descendente (ARAGÃO, 2008).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo, segundo a classificação proposta por Prodanov e Freitas (2013), pode ser definido como de natureza aplicada, e em seu objetivo, definido como pesquisa descritiva. Gil (2002) assevera que as pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição das características de um fenômeno ou população, e a partir de então, buscam o estabelecimento de correlações entre variáveis. Por sua vez, a metodologia de coleta pode ser considerada não probabilística, uma vez que a seleção da amostra foi realizada a partir dos dados de fiscalização, e não através de procedimentos aleatórios.

O procedimento de coleta do trabalho foi realizado com base no histórico de 11 (onze) anos de vistorias realizadas no âmbito do setor de fiscalização do DNPM/ANM nas empresas de extração de RO's do Estado do Espírito Santo. No período compreendido entre 2011 e 2022 foram realizadas mais de uma centena de vistorias em minas de exploração de RO's. Contudo, muito das vistorias foram realizadas em mais de uma vez em uma determinada área, motivo pelo qual, foram avaliados o método de disposição de apenas 45 minas.

Os dados foram adquiridos a partir da leitura dos relatórios de vistoria constantes nos autos dos processos minerários (parte física e eletrônica) referente às exploração das RO's. Foram coletadas as informações referentes à localização das minas (coordenadas UTM), a descrição da disposição de estéreis e a tipologia do material extraído quanto à sua coloração

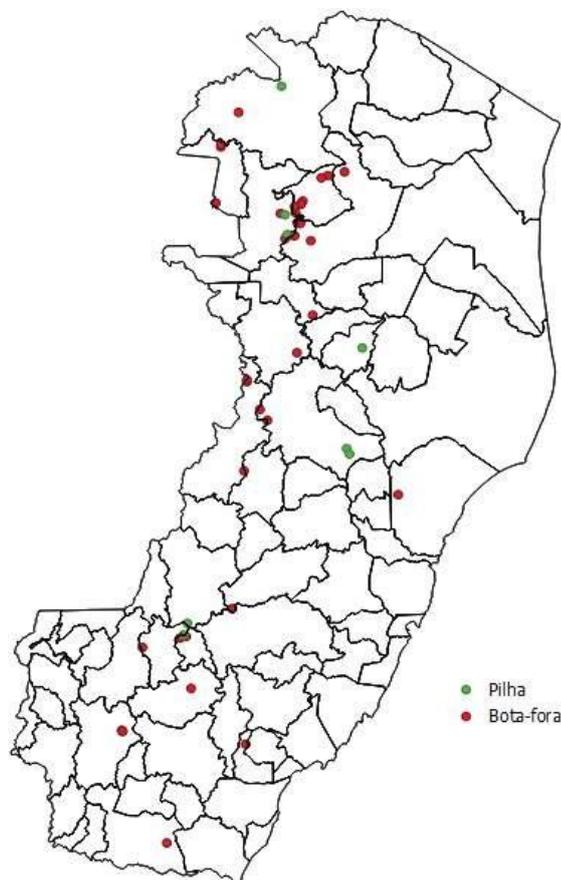
principal. Por questões de sigilo das informações, não foram destacadas as razões sociais das empresas mineradoras, tampouco a identificação das minas, sendo o foco do trabalho, exclusivamente, a descrição da configuração das pilhas de estéreis segundo a metodologia proposta BC Mine Waste Rock Pile Research Committee (1991). Cabe aqui destacar, que questões vinculadas a outros aspectos construtivos e de estabilidade não foram abordadas no presente estudo.

## 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da disposição de estéreis no Estado do Espírito Santo

Na Figura 5, destaca-se *o rol* das minas vistoriadas em que foi possível a verificação da forma de disposição de estéril, bem como a representação das suas locações e configurações, se aterro de encosta (“bota fora”) ou pilhas de estéril que seguem planos previamente estabelecidos.

**Figura 5:** Caracterização e localização da disposição de estéreis das minas de exploração de RO's



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A partir da análise da Tabela 1, observa-se a configuração da disposição de estéreis classificadas por tipologia de material extraído, onde pode se verificar que, em termos percentuais, as empresas que exploram o material de coloração preta, que segundo Sardou Filho (2013) é constituído por gabros e dioritos, realizam a disposição do seu material de forma mais controlada, o que pode ser explicado, *a priori*, pelas baixas recuperações de suas lavras, que aliada à grande demanda do material pelo mercado, faz com que seja necessária a otimização das áreas para disposição do estéril.

Ademais, os resultados verificados vão ao encontro ao observado em um estudo conduzido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) no ano de 2010, e que tinha como alvo as atividades de exploração de RO's no noroeste capixaba. Na ocasião, foi verificado que 95% da disposição de estéril das 175 minas observadas era realizada em meia encosta, e nas proximidades das frentes de lavra (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013).

**Tabela 1:** Configuração da disposição de estéreis de RO's em função do tipo de material extraído

Material	Classificação	Total	%
Verde	Pilhas	0	0,00%
	Bota Fora	5	100,00%
Amarelo	Pilhas	1	5,26%
	Bota Fora	18	94,74%
Preto	Pilhas	4	44,44%
	Bota Fora	5	55,56%
Branco	Pilhas	2	40,00%
	Bota Fora	3	60,00%
Cinza	Pilhas	1	14,29%
	Bota Fora	6	85,71%

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

#### 4.2 Características gerais da disposição de estéreis por aterro de encosta

De forma geral, as disposições de estéreis realizadas em aterro de encosta, o popular “bota fora” ou “ponta de aterro” observadas, têm como ponto comum o basculamento do material sem controles granulométricos, realizadas a jusante da frente de extração, conforme pode ser verificado na Figura 6.

**Figura 6:** Disposição de estéril em aterro de encosta a jusante da frente de extração

**Fonte:** Acervo do autor.

Esta metodologia de disposição de estéril, de forma geral, é escolhida pelas empresas de mineração em face do seu baixo custo operacional, uma vez que na maioria das vezes não se faz necessária a diminuição da granulometria do material através de desmonte secundário, tampouco a necessidade de caminhões para o transporte, sendo necessária tão somente a utilização de carregadeiras. Outra explicação para tal situação reside no fato de muitas das atividades de lavra serem desenvolvidas em meia encosta, e a disposição “morro abaixo” se torna facilitada (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013).

Por outro lado, na maior parte das vezes, a disposição de estéreis por esta metodologia vem sendo realizada sem a utilização de técnicas de engenharia. Não se verifica, por exemplo, a existência de prévios estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos. Tal situação, além do risco da estabilidade do material, ocasiona diversos impactos ambientais, seja em relação ao impacto visual do empreendimento, risco de carreamento de finos para corpos hídricos a jusante e dificuldade, ao fim do empreendimento, da recuperação ambiental. Na Figura 7 verifica-se o carreamento de material, e na Figura 8, o impacto visual ocasionado por este método de disposição de estéril.

**Figura 7:** Carreamento de material a jusante da disposição de estéril



Fonte: Acervo do autor.

**Figura 8:** Impacto visual da disposição de estéril em encosta



Fonte: Acervo do autor.

Outra situação verificada por esta metodologia, sem o devido planejamento, é a inviabilização da exploração de novas reservas minerais, uma vez que o material é simplesmente disposto sobre maciços e/ou matacões sem a análise da quantificação/qualificação deste material. Tal situação pode ser verificada nas Figuras 9 e 10. Na Figura 9 verifica-se, além da questão de riscos aos trabalhadores a jusante da disposição, que está ocorrendo sobre matacões com potencial de aproveitamento mineral, enquanto na Figura 10 observa-se as operações de movimentação de estéril anteriormente disposto, para que seja possível o desenvolvimento da lavra, permitindo o acesso a novos corpos minerais, aumentando de forma significativa os custos da lavra.

**Figura 9:** Disposição de estéril sobre matacões possíveis de exploração e colocando em risco os trabalhadores



Fonte: Acervo do autor.

**Figura 10:** Operações de movimentação de estéril objetivando o desenvolvimento da mina



Fonte: Acervo do autor.

### 4.3 Características gerais da disposição de estéreis em Pilhas

Ao contrário da disposição de estéreis por aterro de encosta, a disposição de estéreis por pilha é realizada obedecendo às melhores práticas de engenharia, desde a fase de planejamento. De forma geral, ela é precedida por estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos. Conforme destacado no item 4.1 do presente artigo, dentro do contexto das minas de rochas ornamentais observadas no presente estudo, este tipo de configuração é ainda exceção. Nas Figuras 11, 12 e 13 são destacados alguns exemplos da disposição de estéreis em pilhas verificados dentro da amostra do presente estudo.

**Figura 11:** Detalhe de uma mina de RO's sendo verificado a montante uma pilha de estéril



**Fonte:** Acervo do autor.

**Figura 12:** Detalhe da disposição de estéril de RO's em pilhas



**Fonte:** Acervo do autor.

**Figura 13:** Disposição de estéreis em pilhas (início do projeto)



**Fonte:** Acervo do autor.

De forma geral, por ser realizada de acordo com a ABNT NBR 13029:2017, estas pilhas de estéreis foram precedidas de estudos locacionais, o que previne, a priori, a possível locação sobre reservas minerais. Ademais, por levar em consideração estudos hidrológicos e hidrogeológicos, as pilhas de estéreis observam os aspectos da drenagem interna, bem como da drenagem externa, o que poderá prevenir a questão do carreamento de material particulado para os corpos hídricos próximos ao local de disposição.

Não obstante ao acima explanado, resta claro que este tipo de disposição propicia a maximização do aproveitamento da área disponível. Ademais, e considerando aspectos necessários para o transporte do material, e para a estabilidade destas pilhas, existe um controle granulométrico mais apurado, principalmente no que concerne aos fragmentos de rochas, com a utilização de desmonte secundário, em comparação ao método do aterro em encosta.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos dados das vistorias realizadas pelo DNPM/ANM nestes últimos 11 anos, foi possível a verificação de que a maior parte da disposição de estéril é realizada pelo método do aterro em encosta, o que pode ser explicado pela facilidade operacional e pelo menor custo com as operações.

Por outro lado, verifica-se que, de forma geral, a metodologia do aterro em encosta é realizada sem levar em consideração as melhores práticas de engenharia, o que pode ocasionar, além de riscos geotécnicos, impactos ambientais e problemas relacionados à própria viabilidade técnica-econômica do empreendimento, em situações em que a disposição compromete o ulterior aproveitamento da jazida mineral.

Dentro deste contexto, faz-se necessário, além de iniciativas voltadas à diminuição do volume de estéril em si e à sua utilização, com conceitos da economia circular, a realização de disposição de estéreis de forma controlada, como é o caso das pilhas de estéreis, prática ainda pouco utilizada nas minas de extração de RO's. Neste aspecto, merece atenção a necessidade de instrumentos e ferramentas regulatórias que induzam as empresas a buscarem a melhoria das técnicas de disposição de estéreis, como ocorreu no caso dos rejeitos.

Por fim, verifica-se ainda na literatura brasileira, o *gap* de estudos que analisem a disposição de estéreis de RO's nos diversos aspectos construtivos e de estabilidade,

oportunidade esta, para realização de estudos como os existentes na mineração de bens minerais metálicos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13029**: Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Anuário Mineral Brasileiro Interativo**, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWIyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiO CJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ANDRADE, M. A. **Metodologia de Construção de Depósito de Estéril de Rocha Ornamental**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas). Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, ES, 2021.

ARAGÃO, G. A. S. **Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro**. 2008. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil, 2008.

BC MINE WASTE ROCK PILE RESEARCH COMMITTEE. **Mined Rock and Overburden Piles**. Investigation & Design Manual, Interim Guidelines, 1991.

CAREDDU, N. Dimension stones in the circular economy world. **Resources Policy**, v. 60, p. 243–245, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Normas reguladoras de mineração**. Brasília, 2001.

FARIA, L. R. Disposição de estéril em cava – **um estudo de caso**. 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002

HEENETIGALA, K., SILVA, C., ARMSTRONG, A., EDIRIWEERA, A. An Investigation of Environmental, Social and Governance Measures of Listed Mining Sector Companies in Australia. **Journal of Law and Governance**, v. 10, n. 4, 2015.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. **Exploración y Explotación de Rocas Ornamentales**, 2003.

JALALIAN, M. H.; BAGHERPOUR, R.; KHOSHOUEI, M. Wastes production in dimension stones industry: resources, factors, and solutions to reduce them. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 17, p. 1-13, 2021.

LENKE, G. Estudos Preliminares do estéril da lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo para produção de brita. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 27, Belém. **Anais [...]** Rio de Janeiro: CETEM, 2017.

MAIOR, G.R.S. **Panorama da Mineração de Rochas Ornamentais no Estado do Espírito Santo com ênfase na Lavra por bancadas ultra-altas**. 2013. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Bases para o ordenamento e desenvolvimento sustentável da mineração de rochas ornamentais no noroeste do Espírito Santo**. Brasília: MME, 2013.

OFFICE OF SURFACE MINING RECLAMATION AND ENFORCEMENT (OSM). Engineering Design Manual for Disposal of Excess Spoil. Report (Contract No. J5110084) for U.S. Dept. Int. Prepared by CTL/Thompson Inc., 294 pp., November, 1982. General Reference on Mine Dumps, 1989.

PAPANTONOPOULOS, G.; TAXIARCHOU, M.; BONITO, N.; ADAN, K.; CHRISTODOULOU, E. **A study on best available techniques for the management of stone wastes**, 2007. Disponível em: [https://psmc.ppu.edu/sites/default/files/REF%20-4-%2007.best\\_available\\_techniques.pdf](https://psmc.ppu.edu/sites/default/files/REF%20-4-%2007.best_available_techniques.pdf). Acesso em 03 mar 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** (2<sup>a</sup> ed.) Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, R. C.; SOUSA, W. T. Métodos de lavra de rochas ornamentais. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 56, p. 207-209, 2003.

REIS, A. S., SILVEIRA, F., BUSSULAR, K. F. F., SILVA, B. A., SANTOS, A. P.; SILVA, R. C. R. Georreferenciamento aplicado ao estudo de destinação de resíduos de lavras de rochas graníticas no município de Barra de São Francisco-ES. **Brazilian Journal of Development**, 6(12), 98146-98162, 2020.

SANTOS, Y.C.S. **Análise dos impactos ambientais decorrentes da atividade de extração de rochas ornamentais**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização), Universidade Norte do Paraná, Vitória, 2016.

SARDOU FILHO, R.; MATOS, G. M. M.; MENDES, V. A.; IZA, E. R. H. F. **Atlas de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo**. Brasília: CPRM, 2013.

SILVA, H. V.; CASTRO, N. F. Disponibilidade de resíduos de pedreiras para aproveitamento na pavimentação da BR 101, no Espírito Santo. In: Simpósio De Rochas Ornamentais do Nordeste, 9, João Pessoa, 2016. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CETEM, 2016.

SPÍNOLA, V., GUERREIRO, L. F., BAZAN, R. A. **Indústria de rochas ornamentais: estudo de mercado 02/04**. Bahia: Desenbahia, 2004.

STRZALKOWSKI, P. Characteristics of Waste Generated in Dimension Stone **Processing Energies**, v. 14, n. 21, p. 7232, 2021.

TAYLOR, M.J.; GREENWOOD, R.J. Classification and Surface Water Controls. Workshop on Design of Non-Impounding Mine Waste Dumps. **SME**, 1981.

VAGNON, F., DINO, G. A., UMILI, G., CARDU, M., FERRERO, A. M. New developments for the sustainable exploitation of ornamental stone in carrara basin. **Sustainability**, 12(22), 9374, 2020.

WAHLER, W.A. A Perspective - Mine Waste Disposal Structures - Mine Dumps, and Mill and Plant Impoundments. **Proc. 6th Panamerican Conf. Soil Mech. Fndn. Eng.**, Vol. III., Lima, 1979.

VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A. D., CASTRO, N. F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.

ZAGÔTO, J. T. **Estudo do rejeito da lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo para a produção de brita**. 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Mineral da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, 2016.

ZAGÔTO, J. T., CASER, L.C.T , JUNIOR, M.B. , FARIA, R.F. Caracterização do estéril da lavra de rochas ornamentais na fabricação de britas. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 26, Poços de Caldas, 2015. **Anais (...)** Rio de Janeiro: CETEM, 2015.



## AURORA: An Intelligent Plant Monitoring System for Greenhouse Deployment

Bernardo Ternus de Abreu<sup>1</sup>

Francisco Matheus Pereira de Castro<sup>2</sup>

Matheus Gonzaga Leizer<sup>3</sup>

### ABSTRACT

This article presents a low-cost plant monitoring technology to assist in plants irrigation according to physiological demands. The project was conceived as a smart greenhouse capable of reporting on soil humidity, light and ambient temperature and presents principles of data-based agriculture. The methodology was based on engineering methods combined with design notions to adapt the technology to specific target audiences in a future stage of the project. Designed for small properties, the low-cost technological solution is an open technology that seeks to solve small farmers' pain regarding wasted resources in the field. The results are from isolated stages of the project, and point to correct data collection, processing using a microcontroller and sending the data for visualization on a dashboard. Future possibilities include a mathematical model based on the application of a differential equation to optimize the system, as well as building an application and carrying out integrative tests with tablets and other devices in a real production context.

**Palavras-chave:** Technology. Monitoring. Agriculture. Data.

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Biomédica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Também é Graduado e Mestre em História pela UNISINOS, Brasil. E-mail: [bernardoternus@gmail.com](mailto:bernardoternus@gmail.com).

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Biomédica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Brasil. E-mail: [franciscomatheuscastro@gmail.com](mailto:franciscomatheuscastro@gmail.com).

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Eletrônica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Brasil. E-mail: [matheusleizer@unisinos.br](mailto:matheusleizer@unisinos.br).

## ***AURORA: Um Sistema Inteligente de Monitoramento de Planta para Implantação de Estufa***

### **RESUMO**

*Este artigo apresenta uma tecnologia de monitoramento de plantas de baixo custo para auxiliar na irrigação conforme demandas fisiológicas. O projeto foi concebido como uma estufa inteligente com condições de informar sobre a umidade do solo, a luminosidade e a temperatura do ambiente e apresenta princípios da agricultura baseada em dados. A metodologia se baseou em métodos da engenharia aliados com noções de design para a adaptação da tecnologia a públicos-alvo específicos em uma etapa futura do projeto. Projetada para pequenas propriedades, a solução tecnológica de baixo custo é uma tecnologia aberta que procura resolver as dores dos pequenos agricultores relativas aos desperdícios de recursos no campo. Os resultados são de etapas isoladas do projeto, e apontam para a correta coleta de dados, processamento utilizando um microcontrolador e envio dos dados para visualização em um dashboard. Possibilidades futuras incluem um modelo matemático baseado na aplicação de uma equação diferencial para a otimização do sistema, bem como na construção de um aplicativo e a realização de testes integrativos com tablets e outros dispositivos em um contexto produtivo real.*

**Keywords:** Tecnologia. Monitoramento. Agricultura. Dados.

Artigo recebido em: 06/04/2023

Aceito em: 28/07/2023

## 1. INTRODUCTION

The agricultural sector is the main engine of the Brazilian economy today, since it corresponds to a significant portion of the Gross Domestic Product (GDP). The incorporation of new technologies in the agricultural sector has been a reality in the most different countries, interested in modernizing agricultural cultivation and reducing waste and production residues. According to data from the Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA), agribusiness accounts for more than 20% of the Brazilian GDP, being essential for the slow process of complexification of the country's industrial activity and for supporting it. The use of technologies in the agricultural sector is more commonly found in large-scale production, but can also be observed in small-scale agriculture, as presented in this work.<sup>4</sup>

Well-being of human societies is associated with climate and is influenced by climate variability, so that severe climate changes are harmful to many species. The correlation between well-being and climate is especially strong in regions where the economy is based on rainfed agriculture, such as sub-Saharan Africa or where there is a strong dependence on river flow for electricity generation, and also in the case of Brazilian with hydroelectric production (Jank et al, 2004). In the economic field, on the other hand, the optimization of processes reduce wastes and generates productivity.

There are different methods to determine the water requirement of a plant, they can be direct, through measurement equipment, or indirect, obtained by simulations. Portable systems that provide information about the situation in the field have become options for improving agriculture and can be observed not only in smart greenhouses, but in applications that monitor the progress of biological pest control and other factors associated with agricultural production. In the Brazilian case, technologies are a way to optimize the production of this important sector and mitigate the natural damage to the environment that is intrinsic to the constructive activity.

This study aimed to build an algorithm to control a small greenhouse for food crops, focusing on computational aspects. Some articles were found to support the project. The study performed by Sampaio (2018) was dedicated to the construction of a small greenhouse

---

<sup>4</sup>While a science-based methodology aims to produce new knowledge and expand the frontier of knowledge, and design-based engineering methodology may seek to improve an existing system, targeting an application or a different way of carrying out a task. Considering the needs for improvements and innovations within the industry's production systems, projects that consider the demands of the stakeholders involved have social relevance.

for testing, however, we did not reproduce such a sophisticated physical structure. In this sense, although in the literature there are projects with the physical development of greenhouses, this article has a central axis of information technology.

Despite the growth of the agro-export model in Brazil in the 1970s and 1980s, the development of agricultural technologies is still incipient, especially on small agricultural properties (Jank et al, 2004). The incorporation of technologies to reduce waste in the agribusiness sector can lead to the development of the area considering objectives in view of the circular economy and possibilities of greater productive efficiency with reduced waste considering the theory of restrictions (Goldratt, 1997), in which companies must eliminate restrictions that avoid profit.

Farmers need information during different stages of cultivation growth and this demand has driven technological projects during last decades (Mohanraj et al, 2016, p. 939). IoT has been used in agriculture to improve crop yields, quality and reduce costs. At same time, drones have been used to collaborate with human work in field, as in biological control of pests in plantations (Parra, 2012). Recent studies of data mining in agriculture have been responsible for the discovery of knowledge about complex biological processes (Nillaor et al, 2019).<sup>5</sup> Guo et al (2021) performed a review study of the progress of IoT research in agriculture and plant phenotyping, including the prediction of plant phenotypic traits (Guo et al, 2021). In this article, the use of information technology in agriculture does not involve big amount of data, but a free open-source project to support small farmers.

---

<sup>5</sup>Obtaining detailed information about the formation of specific biological characteristics can promote the process of functional genomics, molecular plant breeding and efficient cultivation.

## 2. METHODOLOGY

The main objective of the project is to create a plant monitoring system. In this monitoring system, three sensors must respectively capture soil humidity, temperature and ambient light, and these data must be shown on a dashboard in Grafana. The temperature sensor used is the BMP280 and the brightness sensor is the BH1750. In the case of local power supply of a microcontrolled system, a simple power supply consisting of a transformer, rectifier diode bridge, filtering capacitor and voltage regulators can be used. It was implemented so that a direct current signal can be provided in the case of a microcontroller placed in a box or sealed in another system within a planting space. The source was developed using a component calculation, phenolite plate corrosion, component allocation and soldering. Then, a transformer was placed at the input and the output signal was measured to verify if it had a regulated output, which was verified.

**Figure 1:** Simple power supply to microcontrolled system

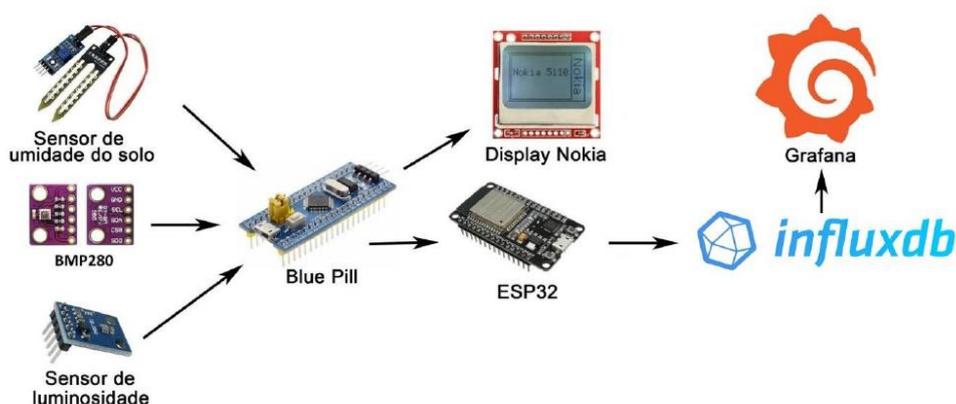


**Source:** The authors (2023).

The use of the STM32F103C8T6 microcontroller (Blue Pill board) and the use of timer interruption and RTOS to read the sensors were defined as project requirements. The soil humidity sensor has an analogue output and is connected to an analogue input of the microcontroller. The BH1750 sensor can only be interfaced via an I2C bus. For the BMP280 sensor, which supports I2C and SPI interfaces, the I2C interface was chosen to take advantage of the same bus. To carry out communication with the internet and send data to a database, the ESP32 was chosen, which has integrated Wi-Fi. For the communication between the Blue Pill and the ESP32, the Blue Pill was defined as the master because it determines the reading frequency of the sensors and consequently the frequency of sending data, and so the I2C protocol was chosen to take advantage of the bus that is already being used.

The database chosen was InfluxDB, which will interface with Grafana to display information from the monitoring system on a dashboard. As an alternative for direct visualization of the data, a Nokia 5110 display connected to the ST microcontroller was used, which can only be interfaced through an SPI bus. A period of 10 seconds was chosen for reading the sensors and sending the data. As the BMP280 sensor allows configuring a waiting time of up to 4 seconds in its continuous measurement mode, this feature was used, whereas the BH1750 sensor, which does not have this feature, was read through single measurement commands.

**Figure 2: Project Diagram**



**Source:** The authors (2023).

To program the Blue Pill, the STM32CubeIDE software was used. Initially, an I2C interface, an SPI interface, the AD converter with an analog input, the digital outputs that control the RST, CE and DC pins of the display and two timers were enabled, one for 10 seconds to activate the reading of the sensors and another for 180 milliseconds to wait for the brightness sensor measurement to be ready. FREERTOS was also enabled through the CMSIS V2 abstraction layer, with a mutex to manage the use of the I2C bus and 4 tasks, one for reading humidity, one for reading temperature, one for reading luminosity and another for sending data. Timer 1 was enabled as the timebase source for the microcontroller because the STM32CubeIde recommends not using SysTick when an RTOS is used.

In the code, 2 libraries were included to control the Nokia 5110 display and the BMP280 sensor [2]. The ADC reading was performed based on an example seen in ASHISH (2023) using the HAL library and the I2C communication with the BH1750 sensor and the ESP32 was also performed through the HAL library, based on the sensor datasheet and

defining an address arbitrary for the ESP32 different from the I2C addresses of the used sensors. In the code, 2 libraries were included to control the Nokia 5110 display and the BMP280 sensor. The ADC reading was carried out using the HAL library and the I2C communication with the BH1750 sensor and the ESP32, having also been carried out using the HAL library, based on the sensor datasheet and defining an arbitrary address for the ESP32 different from the addresses I2C of the sensors used.

In the main part of the code (main), before starting the tasks, the display was initialized, the calibration of the analog-digital converter (ADC) took place, the BMP280 sensor was configured for continuous reading only with the temperature with rest time of 4 seconds and the resolution of 0.005 degrees. The sensors reading timer (timer 2) was activated and it was programmed to activate the sensors reading through their reading flags every 10 seconds. In all the tasks used, a small delay (waiting time) was maintained within the infinite loop in the code generated by the STM32CubeIDE so that a task would not occupy the entire execution time of the microcontroller.

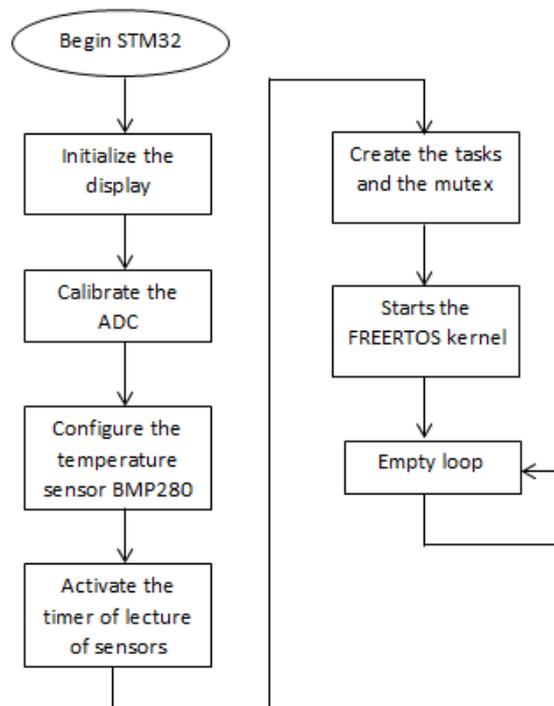
In the humidity reading task, a signaling variable (flag) of humidity reading was being checked by the code. When the flag was active, it was deactivated, and the conversion from analog to digital started. The task waited until the conversion was complete and then read the value from the analog to digital converter. The 12-bit value is mapped to a scale of 0 to 100, which is inverted so that higher values represent higher humidity, and the humidity flag is read and activated. After programming the humidity reading task, the data sending test was programmed to check if the humidity was read and show the humidity value on the display in order to test the operation of the code until then. In the temperature reading task, the temperature reading flag was checked. When this flag is active, it is deactivated, the mutex of the I2C bus is blocked to reserve the I2C bus for the task, the BMP280 sensor is read, the mutex of the I2C bus is released to release the I2C bus for the other tasks, and the flag that indicates that the temperature was read is activated.

In the read luminosity task, the read luminosity flag is checked. When this flag is active, it is disabled, the I2C bus mutex is blocked to reserve the I2C bus for the task, a measurement command is sent to the BH1750 sensor in 1 lx precision mode, the I2C bus mutex is released to release the I2C bus for the other tasks and the timer responsible for waiting for the sensor measurement to be ready (timer 3) is activated. In light sensor measurement standby timer return function (timer 3), it is disabled to function as a one-shot timer, I2C bus mutex is locked to reserve the I2C bus, sensor reading is performed of

luminosity, the mutex of the I2C bus is released to release the I2C bus for the tasks, the bytes read are grouped in the variable that stores the luminosity value and its value is divided by 1.2 as indicated in the datasheet, and the flag that indicates that the luminosity has been read is activated.

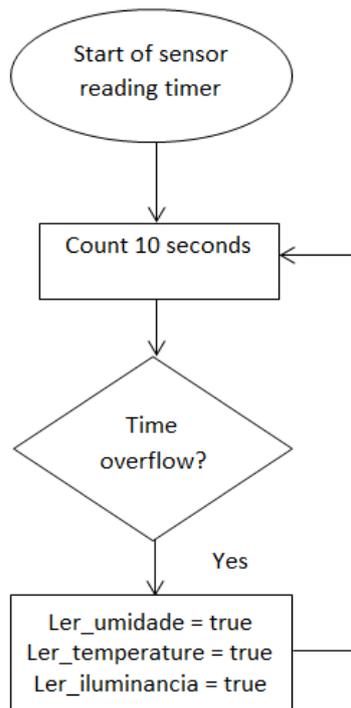
Before sending the sensor data to the ESP32, a test was carried out by sending a string for printing on the serial monitor of the computer connected to the ESP32 to verify the functioning of the I2C communication between the two boards. In the task of sending data, the flags that indicate whether the sensors were read are checked. When all of them are active, they are deactivated, the display screen is cleared and the sensor data read is written to it, the sensor data is grouped into a 7-byte vector for sending, the mutex of the I2C bus is blocked to reserve the I2C bus for the task, the data array is sent to the ESP32 and the I2C bus mutex is released to release the I2C bus for the other tasks. The STM32F103C8T6 microcontroller code flowchart demonstrates the code in a nutshell. When programming the Aurora technology code, the definition of the variable names took place in Portuguese, while the logical structure of the programming code took place in English, as is natural in free commercial languages in general.

**Figure 3:** STM32 initialization flowchart



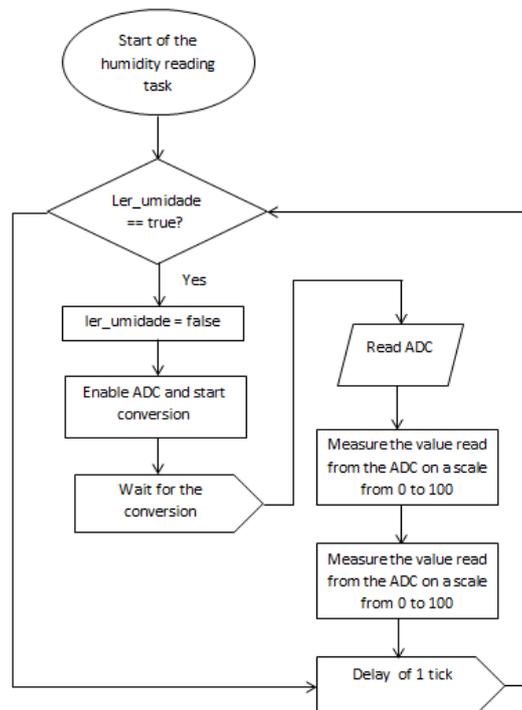
**Source:** The authors (2023).

**Figure 4:** Sensor reading timer flowchart



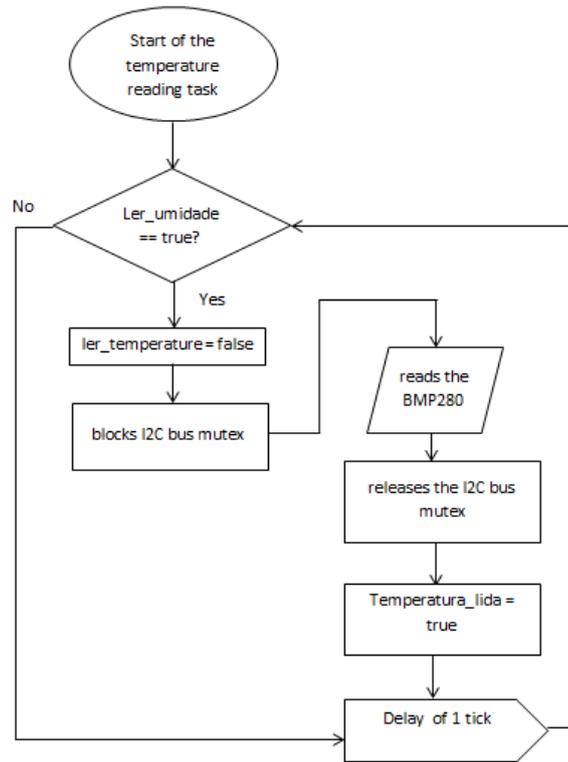
Source: The authors (2023).

**Figure 5:** Humidity reading task flowchart



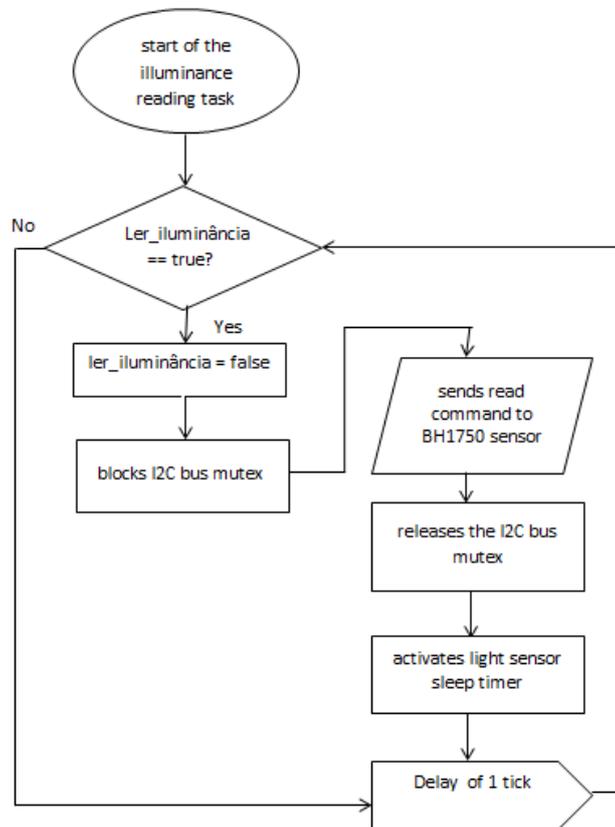
Source: The authors (2023).

**Figure 6:** Temperature reading task flowchart



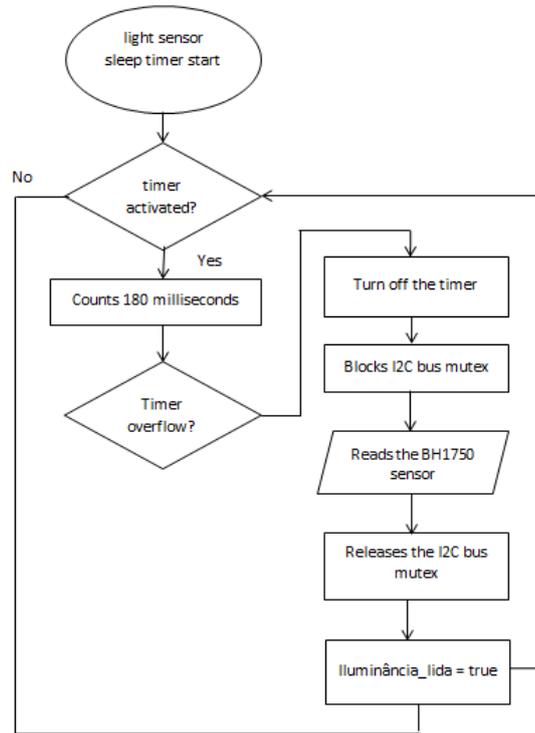
Source: The authors (2023).

**Figure 7:** Flowchart of the luminosity reading task



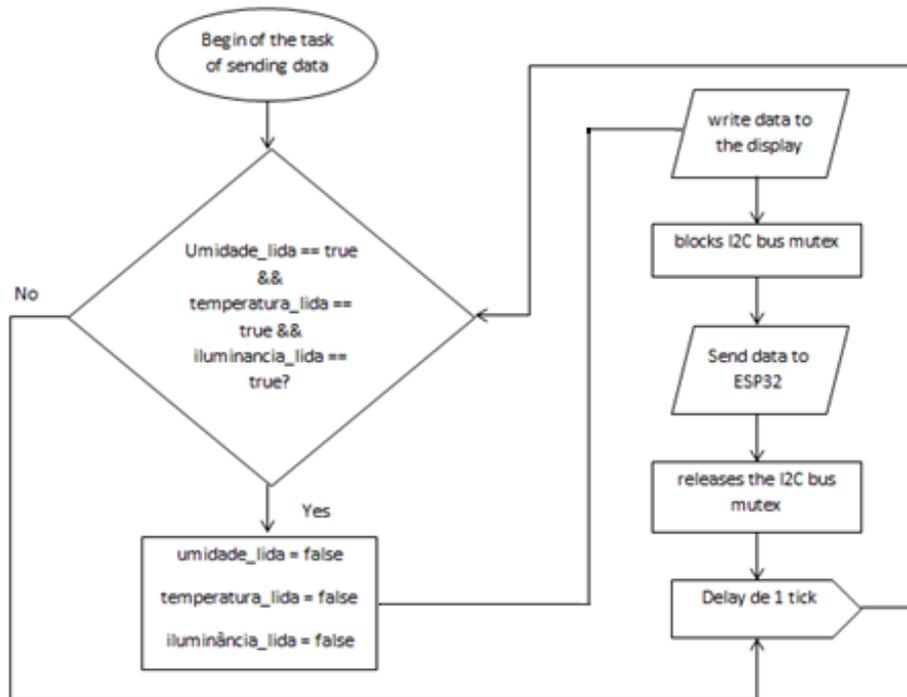
Source: The authors (2023).

**Figure 8:** Light sensor measurement wait timer flowchart



Source: The authors (2023).

**Figure 9:** Data submission task flowchart

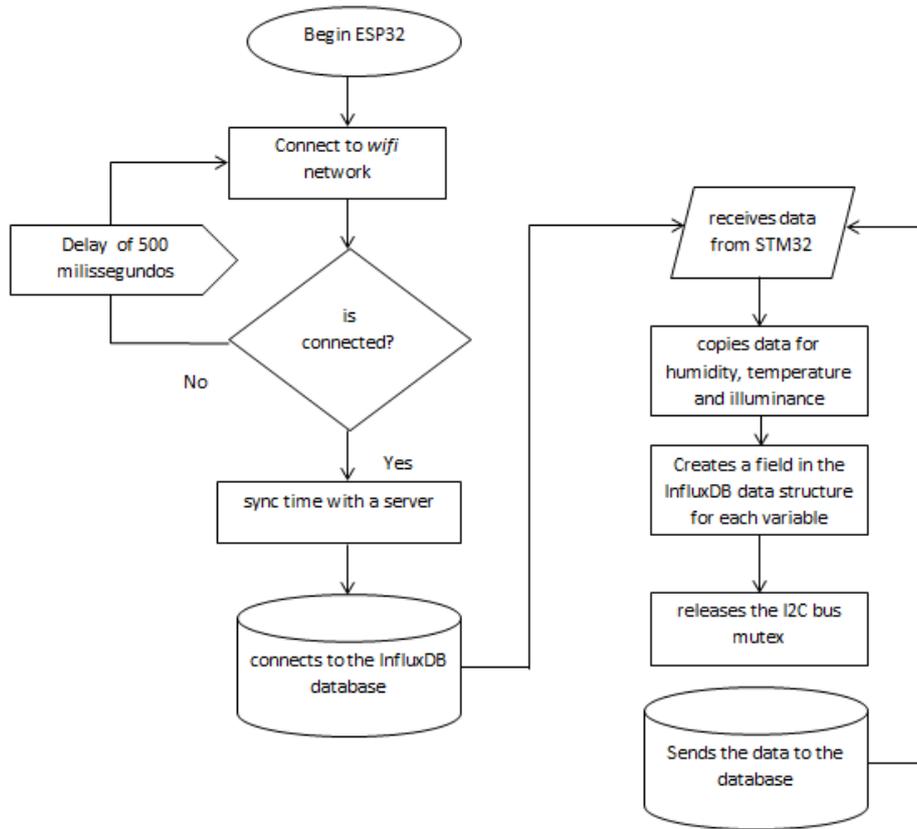


Source: The authors (2023).

To program the ESP32, the Arduino IDE software was used. ESP32 support was installed in the Arduino IDE according to the Espressif tutorial listed in the references, the Arduino Wire.h library was included, whose API and usage examples for the ESP32 are shown on the Espressif website cited in the references, and it was installed and included a library for ESP32 to communicate with the InfluxDB database, following the tutorial. The first part of the ESP32 programming was to use the Wire.h library to read the received data and print it on the serial monitor, to test the I2C communication step. Next, an example of secure writing from the InfluxDB library was used to send Wi-Fi signal strength data, testing the communication step with the database. Then the two codes were merged to send the sensor data to the InfluxDB database. In the setup, the Wi-Fi connection is made, the connection is checked every 500 milliseconds, tags are added to the Data Point of the measurements, time synchronization is performed with an NTP server using the local time zone, necessary for certificate validation and writing in batches to the InfluxDB database, the connection to the database is performed and the I2C bus is initialized in slave mode. If the connection is unsuccessful, a new connection attempt is made every 500ms.

In the data reception function via I2C, the received bytes are placed in a vector and then separated into the variables of humidity, temperature and luminosity. The temperature data is transformed into a float and divided by 100 to indicate the temperature in units of degrees Celsius. Finally, the data transfer flag for the database is activated. In the loop, the data transfer flag for the database is checked. When this flag is active, it is deactivated, the Data Point fields of the measurements are cleared, fields with the current humidity, temperature and luminosity measurements are added, and the Data Point is sent to the InfluxDB database. The flowchart that summarizes the ESP32 programming is described below.

**Figure 10:** Code flowchart in the ESP32 microcontroller



Source: The authors (2023).

Powering the system with the ESP32 was done using a micro-USB cable connected to the ESP32, which was replaced by a 18650 battery and a Shield V3 Battery Charger 18650, which is a board that regulates the 3.7 V voltage of the battery for 3 and 5 V outputs and allows battery charging via a USB cable. Figure 11 depicts the battery used:

**Figure 11:** 18650 Battery in Shield V3 18650 Battery Charger

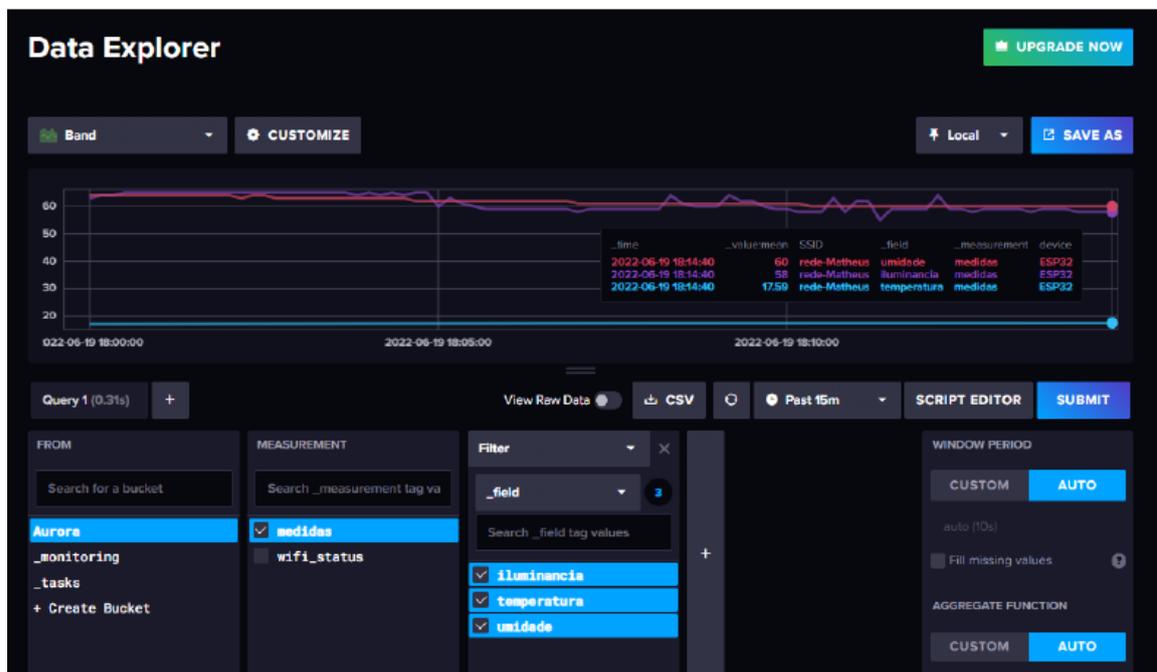


Source: The authors (2023).

The database used to place the values read by the sensor was InfluxDB, an open-source high-performance time series database (TSDB) that can store large amounts of data per second. Each data point sent to the database is associated with a specific timestamp.

Therefore, it is ideal for IoT data logging projects such as storing data from weather station sensors. To create an InfluxDB database, the tutorial available on the “Servendo.in” portal was followed. An InfluxDB Cloud account was created to be able to create a database in the cloud and the server closest to Brazil was chosen, whose provider is Amazon Web Services and is located in the east of the United States. A bucket named “Aurora” was created by selecting the Arduino as a data source, which is the database that will store the sensor data. When creating the bucket, a code appears on the screen that shows the server URL, the email of the organization responsible for the database and the name of the bucket, used by ESP32 to connect to the database. To allow access to the database, an access token was created, used by ESP32 and Grafana.

**Figure 12:** Data Explorer

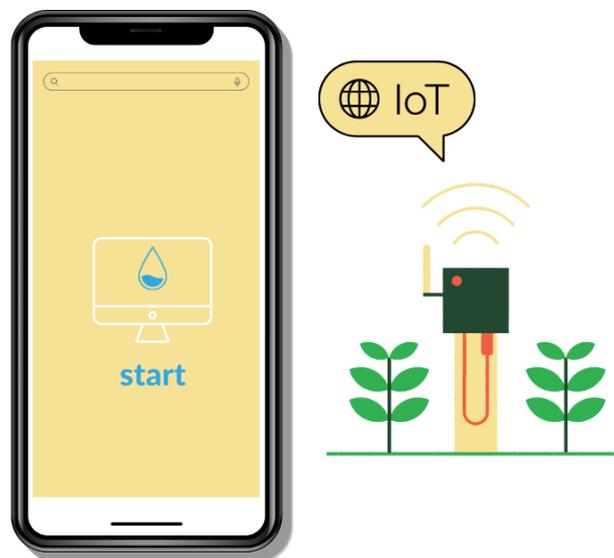


**Source:** The authors (2023).

The technological project must be based on design so that it is usable for users. Design thinking is a methodology that allows the identification of the target persona and their pain points, and through qualitative research with users it is possible to identify the real needs of people who work with plantations. The use of cell phone applications becomes essential in a technology project. Design thinking considers that products must have a use, be pleasant and also fulfill a social function. Economic and technical feasibility is also relevant, as a project that is unrealistic cannot be proposed. Combining design with engineering research, one can think: who will use it? What is the viability of the project?

Does it apply to the characteristics of the local reality? Is it accessible? Figure 13 shows an initial mockup of the cell phone application that can be integrated into the solution.

**Figure 13:** Mockup of Agriculture Monitor App



**Source:** The authors (2023).

The development of an application would involve testing it with users to evaluate the technology in its context of use. Technologies need to be accessible and inclusive, they must take into account that users are diverse and may, in some cases, have low vision, little manual mobility, difficulty differentiating certain colors, hand tremors, difficulty identifying small letters or hearing sound signals from an application, as well as reading in general. In this sense, cell phone applications must be simple, safe and easy to use.

Although the constructed project was entirely based on algorithms and, therefore, representations of states and causal systems with variables that behave in a binary way, the project can be improved in future versions with the use of deep mathematics in an interface approach with physics. Chen, Mattdon e You presented a novel nonlinear model predictive control (NMPC) framework for greenhouse climate control to minimize the total cost mainly coming from energy use. Continuous-time greenhouse temperature model was represented by authors in terms of a differential equation that can be broken down into several equations (Chen, Mattdon, You, 2022, p. 5). This model has the addition of a terminal constraint to add and guarantee its stability. Chen, Mattdon and You model (2022) simultaneously control the temperature, humidity, CO<sub>2</sub> level and light intensity of the semi-closed greenhouse indoor climate. Energy and mass balance equations followed by system

identification were utilized to generate nonlinear of dynamic models for greenhouse climate, including temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub> concentration level and light intensity (Chen, Mattdon, You, 2022, p. 15).

The discrete-time nonlinear time-invariant system presented by the authors consists in a expression of  $x_k + 1 = f(x_k, u_k, v_k)$ . F is a nonlinear function in the dynamic greenhouse climate model expressed as:  $x = f(x_0, u, v)$ , where x, u and v are the system state, control input and disturbance sequence vectores (Chen, Mattdon, You, 2022, p. 5). Part of the energy consumed by lamps is converted into waste heat. The light intensity model is expressed by:  $I = I_0 \cdot K_a(1 - T_s \cdot u_{blind}) + T_c \cdot u_{light,max} \cdot u_{light}$ . The authors presented some graphical results of the model response from real data in a real simulation at Cornell University. The results indicate that the use of the NMPC framework proposed in the study can reduce total energy and CO<sub>2</sub> costs (Chen, Mattdon, You, 2022, p. 14). Nabokov, Beznosov, Semin, Nekrasov and Zablitckaia developed a mathematical model for precision agriculture adapting a model of optimization proposed by Kantorovich in 1960's and including aspects as control of waste of resources (Nabokov, Zablitckaia, Nekrasov, Semin, Skvortsow, Beznosov, 2019).

Bolandnazar, Rohani and Taki (2019) presented a differential equation for estimating the energy required to extract water in a potato crop in Iran. The equation aims to determine the direct energy in the unit of Joules, considering the total direct energy dynamics , gravity, water density, electric pump efficiency, and total energy conversion efficiency (Bolandnazar, Rohani, Taki, 2019). Authors used the Cobb-Douglas (CD) model to evaluate the effects of energy inputs on potato crops. The model involved the farm's output energy, the inputs used for potato production, the regression model coefficients and indicators of change in the process. A sensitivity method was used to evaluate the sensitivity of the product based on the level of inputs, verifying the effect on the evaluated product when the unit of an input was increased or decreased. A Multilayer Perception Neural Network (MLP) with a backpropagation algorithm was used to predict solar radiation. This method is composed of at least three layers. In each of the layers (input layer, hidden layer and output layer), it is necessary to set a specific weight.

Bolandnazar, Rohani and Taki (2019) used a greater number of neurons in the hidden layer, while in the output layer, one neuron was used. The network was trained to predict future scenarios strictly associated with the output energy of potato production, based on a transfer function, in the output layer, of the sigmoid type (Bolandnazar, Rohani, Taki,

2019, p. 5). Authors also used a radial basis function neural network (RBFNN) due to its superiority over the MLP model, since it has high speed, does not present local minima problems and has a simple and fixed three-layer architecture. The authors used a Gaussian activation function in the hidden layer, to be able to transform the input vector. Bolandnazar, Rohani and Taki used a multiple linear regression model for predicting the output energy of potato production. Also, authors used a support vector machine model to convert quadratic optimization difficulties to linear content, starting from a dataset.

Bolandnazar, Rohani and Taki used a support vector machine model to convert quadratic optimization difficulties to linear content, starting from a dataset, and developed a computational integration of each part of the larger model (Bolandnazar, Rohani, Taki, 2019, p. 6). This work developed in Iran can serve as a basis for how a mathematical model can be built, part by part, for an agricultural system. On the other hand, the development of a model applied to the Aurora project involves collecting discrete data and adjusting the model using the computer. With the mathematical model implemented in the algorithm and with connections to the physical world, data can be collected from empirical experience and the coefficients in the model can be adjusted based on numerical analysis.

Numerical methods such as the interpolation of a function allow adjustments and advances to be made to the model based on local production contexts. In the same way, the validity of certain expressions can be tested based on real data from one vegetable crop compared to another, understanding the differences in coefficients that must be selected in the case of a tomato crop compared to a of potatoes, strawberries, lettuce, beans or other crops. As the sensors are already included in the project and certain parameters are already visualized, existing automation can be improved for the construction of the mathematical stage of the project, as long as losses and noise in signal processing are also measured and adequate filtering takes place. of the signals.

After defining a model that involves equations, interpolation is used to estimate intermediate values between known points or data, using interpolating polynomials such as the Lagrange or Newton polynomials for this purpose (Andrews, 1992). Optimization methods, such as the least squares method, are subsequently used to adjust parameters and coefficients. This specific method minimizes the sum of squares of the differences between the values predicted by the model and the actual observed values. Gradient descent can also be used as an optimization algorithm, with a view to minimizing or maximizing a cost function associated with the model (Friedman, Hastie, Tibshirani, 2008).

To validate a model, the results are compared with data not used during the adjustment, in order to ensure that the model generalizes well to the new data. Linear regression is useful for data that fits linear models. Nonlinear regression algorithms, such as polynomial regression, logistic regression, or methods that rely on nonlinear functions, can be used in situations that depend on nonlinear models, which needs to be evaluated according to function and parameters. Cubed splines, smooth polynomial functions that pass through a set of data points, are useful for modeling complex curves and can ensure smoother transitions between different segments. Other methods can be used in engineering modeling, such as the aforementioned neural networks, for modeling complex relationships between data and identifying patterns (Friedman, Hastie, Tibshirani, 2008).

Bayesian methods are used to optimize the hyperparameters of a model, as they model the probability distribution of the hyperparameters, based on observed results. When the search space is large, the Bayesian approach can be relevant for exploring promising regions with a view to obtaining greater model stability. With this and other combined methods, it is possible to find a more suitable configuration for a mathematical model in a specific project, incorporating uncertainties in the scope.

### **3. RESULTS AND DISCUSSION**

According to Silva, Costa, Crovato and Righi (2020), the industrial revolution began in the world in the XVIII century and occurred through stages. The first industrial revolution was characterized by changes in the manufacturing process by the introduction of the steam engine. The second revolution consisted of the use of electrical energy, while the third industrial revolution was characterized by the integration of information technology and computers in factories. In the current context, the fourth industrial revolution is being consolidated, based on new digital and integrated technologies that have expanded the industry's possibilities. The use of the Internet of Things, Big Data Analytics and Cyber-Physical Systems (CPS) can be considered techniques and methods that describes some aspects of the productive reality in the fourth industrial revolution (Costa, Crovato, Righi, 2020). In the Aurora technology research article, low-cost methods based on certain concepts associated to Fourth Industrial Revolution are presented, such as the Internet of Things, but without the integration of actors as is typical of real productive activities.

Based on these considerations, some aspects of the project can be discussed. The minimum light intensity that a plant needs varies between 700 and 1000 lux. However, many plants do not have their metabolism active while the luminosity does not reach 10000 lux. Plants thrive best in a home if they are in a situation close to that experienced in nature in which they changed evolutionarily over thousands of years. By the type of leaf, organ that seeks light, it is possible to know which luminosity is needed, as shown in Table 1:

**Table 1:** Relation between necessary luminosity and type of leaf

Sheet Type	Necessary luminosity	Examples
Fleshy or spiny leaves	full sun	Cacti, succulents, sanseveria sp, mayflower and euphorbiaceae
leathery leaf	A lot of light	wax flower
large leaves	Sun	Asparagus sp
Variigated leaves	half shade and shade	Monstera sp, philodendron and anthurium
Colorful leaves	half shade and shade	Marantas (calathea) and begonias

**Source:** The authors (2023).

The luminosity in relation to the situation of the environment can be of three forms. In the case of the Sun, its relationship is for the whole day with direct sunlight, with luminosity above 20,000 lux. In partial shade, lighting varies from a few hours in the morning to a few hours of lighting in the afternoon, with brightness varying from 5000 to 20000 lux. In the shade, indirect lighting is from 2500 to 5000 lux. Another important aspect that must be considered is the temperature which influences most plant processes including photosynthesis, transpiration, respiration, germination and flowering. As temperature increases (up to a point), photosynthesis, transpiration, and respiration increase. When combined with day length, temperature also affects the change from vegetative (leafy) to reproductive (flowering) growth. Depending on the situation and the specific plant, the effect of temperature can speed up or slow down this transition.

In most plants, the ideal temperature for their good development ranges from 18 to 20 °C. For testing purposes, a plant seedling of the botanical genus *Impatiens* was purchased.

This species is characterized by needing a lot of water, partial shade and ideal temperature between 16 and 20 degrees Celsius.

**Figure 14:** *Acquired Impatiens*



**Source:** Taiz, L.; Zeiger, E.;Møller, I.; Murphy, A. (2017).

In order to be able to quickly visualize and interpret the data, Grafana was used. In it, a dashboard was created using InfluxDB as a data source to interpret the data in different panels. Table 2 relates temperature data with colors and conditions for the *Impatiens* plant.

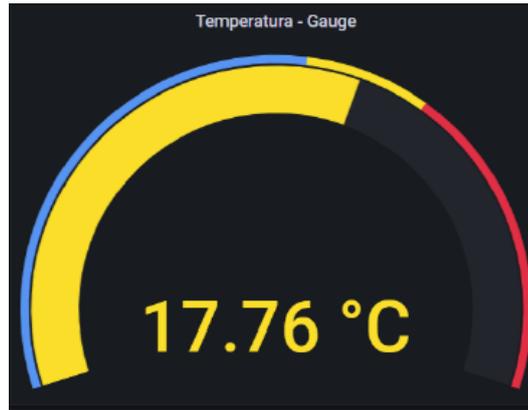
**Table 2:** Relationship between color, temperature and condition

Color	Temperature (°C)	Condition
Blue	$T \leq 16$	Not ideal
Yellow	$16 < T \leq 20$	Ideal
Red	$T > 20$	Not Ideal

**Source:** The authors (2023).

In Figure 15, you can see an image of the temperature dashboard in Grafana.

**Figure 15:** Temperature panel in Grafana



Source: The authors (2023).

Table 3 relates the luminosity data with colors and conditions for the *Impatiens* plant and Figure 16 shows an image of the luminosity panel in Grafana.

**Table 3:** Relationship between color, luminosity and condition

Color	Luminosity (lux)	Condition
Strong orange	$L > 20000$	Sun
Faint orange	$5000 < L \leq 20000$	Half shade
Strong yellow	$2500 < L \leq 5000$	Shadow
Faint yellow	$750 < L \leq 2500$	Minimum
Weak blue	$L \leq 700$	Not ideal

Source: The authors (2023).

**Figure 16:** Lighting panel in Grafana



Source: The authors (2023).

Table 4 relates the humidity data to colors and conditions for the *Impatiens* plant, and Figure 17 shows an image of the humidity panel in Grafana:

**Table 4:** Relationship between color, luminosity and condition

Color	Luminosity (lux)	Condition
Strong orange	$L > 20000$	Sun
Faint orange	$5000 < L \leq 20000$	Half shade
Strong yellow	$2500 < L \leq 5000$	Shadow
Faint yellow	$750 < L \leq 2500$	Minimum
Weak blue	$L \leq 700$	Not ideal

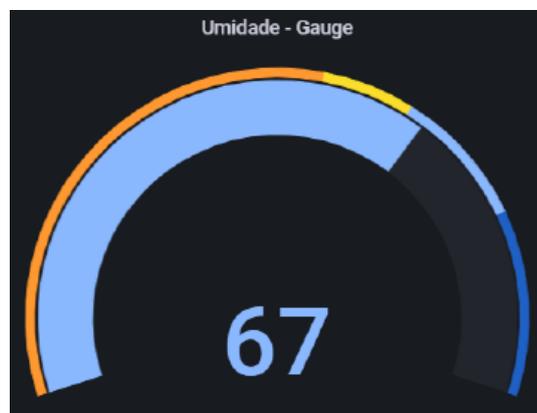
Source: The authors (2023).

**Table 5:** Relationship between color, humidity and condition

Color	Soil humidity	Condition
Dark blue	$U > 80$	Flooded soil
Weak blue	$65 < U \leq 80$	Medium humidity
Yellow	$55 < U \leq 65$	Minimum humidity
Orange	$U \leq 55$	Dry soil

Source: The authors (2023).

**Figure 17:** Humidity Panel in Grafana



Source: The authors (2023).

Finally, 3 more panels were built to visualize the variation of data in relation to time, as shown in Figure 18. The interface below is an example of how the data visualization can be adapted to visualize data from different instances in one possibility of project improvement using the internet.

**Figure 18:** Time series dashboards in Grafana



**Source:** The authors (2023).

The Internet of Things (IoT) has encompassed several fields and requires that technology data be sent to the internet and different stages of design are interconnected, such as machines, sensors and the actual biological specimens cultivated. This type of work model ends up being an alternative for managing activities in scenarios with a large extension of crops. Possibilities for improvement would involve the inclusion, within the technology of the project, of inclusive design to adaptation of the project to certain users.

Tests with larger and smaller greenhouses could also be compared, and the prototype could also involve listing low-cost materials for making the greenhouses, also considering materials that are easier to degrade and obtain. Studies on the reliability of software and electronic resources, as well as their degradation over time, could also provide more realistic estimates for projects that have a life cycle extended over very long periods. Because it is an initial academic study, no application data was obtained in the southern region of Brazil where it was developed.

Decision support systems for precision agriculture involve devices, controlled water tanks, irrigation structures, system with sensors for water flow, equipment to measure humidity, light, air temperature. Technology companies have also participated by connecting

data in the Cloud. By using Cloud Computing to process data at the edge of the network, IT projects can be included in a ecosystem of innovation and entrepreneurship (Brown, 2010).<sup>6</sup>

With the collection and gathering of data in friendly interfaces, farmers have greater security and understanding of natural phenomena to test changes in the medium and long term that can be beneficial to the local community in terms of quality and price, and also to the environment. In precision agriculture, the exact amount of humidity is monitored in order to identify which part is the driest and which is the heaviest. If a part of the crop is drier, more water can be added and other agricultural inputs adjusted, such as pH, fertilizers, nitrogen and so on. By doing so, you can get better yields, reduce costs and ensure sustainability.

#### 4. CONSIDERATIONS

The project fulfilled its initial objective of presenting a low-cost technology that can be used by small farmers to improve their production process in the case of small crops. The technologies used are accessible and there is a large amount of materials available free of charge on digital media associated with pre-ready codes for optimizing the algorithms. Furthermore, some comments can be made about technology in the aspect of technological education.

Considering that tests of the mathematical model proposed by Chen, Mattosn and You (2022) indicated that it can reduce total energy and CO<sub>2</sub> costs, one possibility for improvement would be to include a mathematical model in the project algorithm. Based on the idea proposed by the authors, a mathematical model for resource optimization guided by empirical data can be included in the Aurora project microcontroller firmware. A control system guided by the differential equation can reduce costs in a local Brazilian context.

The project aimed to monitor variables associated with the development of a plant and present them in an interface for an individual. The monitoring system informed the person about soil humidity, luminosity and ambient temperature, in an open-source strategy made available along with the article. Educational projects with practical purposes and

---

<sup>6</sup>According to Collins (2001), technology is an accelerator of movements that can produce financial health, companies that go from good to great companies use technology in what they are experts in developing with quality, seeking to embed technology at its structuring core to increase your conditions for success in your endeavors (Collins, 2001, p. 118). According to Schmidt and Rosenberg (2014), three technological aspects converged to change most industries. Firstly, the internet, which made information free, abundant and present everywhere; mobile devices and networks, which have made global reach and connectivity available; and cloud computing, which provided almost infinite computing and storage power (Schmidt, Rosenberg, 2014, p. 23).

applications that take entrepreneurship into account have been encouraged in STEM courses in recent decades. In the United States, the K-12 curriculum guidelines indicate that the areas of science and technology will be priorities for the future of nations. The reform of STEM field to include more activities of Technology and Engineering is difficult because depends of complex foundations in the basis the students's knowledge and experience, what can be stimulated with integrated multidisciplinary projects like the presented in the article. Projects-based education can be also a driver to resilience and a growth mindset if applied with pertinent discussions (Dweck, 2012).<sup>7</sup>

Technologies are also a way to solve concrete problems. Problems related to the food production chain and its bottlenecks constitute one of the biggest engineering challenges for the XXI century. the development of applied design thinking can be relevant in engineering education. The more humanistic teaching tradition can lead to difficulties in creating projects applied to real contexts, and currently a humanistic teaching culture is being transformed by a culture of innovation that involves prototyping and is impacted by rapid transformations in the knowledge industry. According to Etzkowitz, a trend observed in countries with a more consolidated, complex and diversified industry is greater integration between universities and industry (Etzkowitz, 2017).

Considering the reality of the job market and the maturity of the industry in Brazil, there is an educational deficit in the field of entrepreneurship education in Brazil. Data of Sebrae (Brazilian Support Service for Micro and Small Businesses) inform that that 54% of entrepreneurs did not complete higher education in Brazil. This indicates that, from a cultural point of view, there are still gaps in technical instruction on the field, what justifies projects involving technology and engineering applied to concepts of business and startups in education, and the necessity of public strategies to support industry growth, such as debureaucratization and political decentralization, which must be combined with social policies to promote possibilities of access to education and citizenship (Sebrae, 2022). Reforms in education aimed at technological and scientific teaching allow countries with emerging or developing economies to increase their industrial activity. An education that is only centered in humanistic disciplines, but does not develop applications and prototyping,

---

<sup>7</sup>In general, students with a fixed mindset are focused on their skills, not looking away from them and other things they can learn. In contrast, students with a growth mindset are more focused on learning, overcoming obstacles and have more resilience (Dweck, 2015, p. 10). Students who learn that they can develop their brains become stronger at learning and achieving greater impact results. Furthermore, when the process is structured with challenges, the need for hard work, strategies, focus and persistence, it leads to the understanding that results are not the result of natural or innate talents or abilities, but of hard work and discipline over time. (Dweck, 2015).

leads to, statistically, lower rates of students graduating in STEM careers. Currently, there is a deflation in the rate of engineers trained in certain countries, indicating a gap in activities that concern the infrastructure that supports a society.

The public sharing of the Aurora project allows it to be freely criticized and adapted for testing, with a view to providing better conditions for the survival of a type of plant and, perhaps, for a study of the project's applications, same commercially. As limitations of the project, the implementation of the greenhouse could be deepened, as well as the insertion of equipment, pumps, other sensors and the attempt to change from a local measurement with a sensor fixed on the ground to a measurement via a controlled drone, which would be a technological advance in relation to the presented system. Finally, a possible improvement in the project considering continuous improvement could be associated with the introduction of deep learning in the technology using equations and mathematical approach. Statistical and computational knowledge to understand data may require the optimization of pre-made computational codes to visualize and interpret how a technology behaves in nature. With this, it is possible to compare prototype results based on repetitions of its operation with a view to obtaining evidence-based conclusions. This improvement could provide future planting scenarios for small producers to have more information on how to apply resources, also allowing for better organization of the activity.

## REFERENCES

Andrews, L. **Special functions of mathematics for engineers**. New York: MacGraw-Hill, 1992.

Ashish, K. **STM32F103-BMP280**. Available at: <https://github.com/ashishverma2614/STM32F103-BMP280>. Accessed in: apr. 2023.

Beznosov, G.; Skvortsov, E.; Semin, A.; Nekrasov, K.; Ziablitckaia, N.; Nabokov, V. Economic and mathematical modeling in the system of precision agriculture. **International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies**, v. 10., n. 4, 2019.

Bolandnazar, E.; Rohani, A. Taki, M. Energy consumption forecasting in agriculture by artificial intelligence and mathematical models, **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, 2019.

Brown, T. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Elsevier, 2010.

Dweck, C. **Mindset: How You Can Fulfil Your Potential**. Constable & Robinson, London, 2012.

Chen, W., Mattson, N., You, F. Intelligent control and energy optimization in controlled environment agriculture via nonlinear model predictive control of semi-closed greenhouse. **Applied Energy**, 320, 2022.

Dweck, C. Carol Dweck revisits the growth mindset. **Education Week**, 2015.

Etzkowitz, H., Zhou, C. The triple helix: University-industry-government innovation and entrepreneurship. **Routledge**, 2017.

Friedman, J.; Hastie, T.; Tibshirani, R. **The Elements of Statistical Learning**. Springer Series in Statistics, 2009.

Guo, X., Lu, X., Gu, S., Wen, W., Zhang, Y., Fan, J. The future of Internet of Things in agriculture: Plant high-throughput phenotypic platform. **Journal of Cleaner Production**, 2021.

Jank, M.; Nassar, A; Tachinardi, M. Agronegócio e Comércio Exterior Brasileiro. **Revista USP**. São Paulo, 2004.

Mohanraj, I., Ashokumar, K., Naren, J. Field Monitoring and Automation using IOT in Agriculture Domain. **Procedia Computer Science**, 2016.

Nillaor, P., Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A. IoT and agriculture data analysis for smart farm. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2019.

Nóbrega, M.; Collischonn, W.; Tucci, C.; Paz, A. Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2011.

Parra, J. R. P. The Evolution of Artificial Diets and their Interactions in Science Technology. In: Antônio Ricardo Panizzi; José Roberto Postali Parra. (Org.). **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**. Boca Raton: CRC, 2012, p. 51-92.

Portal Espressif Systems. **Installing using Arduino IDE**. Available at: <https://docs.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/installing.html#installing-using-arduino-ide>. Accessed in: apr. 2023.

Portal Embedeed. **STM32 ADC Read Example – DMA/ Interrupt/ Pooling**. Disponível em: <https://deepbluembedded.com/stm32-adc-read-example-dma-interrupt-polling/>. Accessed in: apr. 2023.

Portal Espressif Systems. **I2C**. Available at: <https://docs.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/api/i2c.html>. Accessed in: apr. 2023.

Portal Random Nerd Tutorials. **ESP32: Getting started with InfluxDB**. Available at: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-influxdb/>. Accessed in: apr. 2023.

Portal Paisagismo Bauru. **Dicas de luminosidade para seu jardim**. Available at: <https://www.paisagismobauru.com.br/curiosidades/curiosidades/#:~:text=a%20intensidade%20luminosa%20m%C3%ADnima%20que,luminosidade%20n%C3%A3o%20atinge%2010.000%20lux>. Accessed in: apr. 2023.

Portal TG Services. **Efeito da temperatura sobre as plantas**. Available at: <https://www.tgservices.com.br/efeito-da-temperatura-sobre-as-plantas/#:~:text=%E2%80%93%20Germina%C3%A7%C3%A3o%3A%20a%20temperatura%20necess%C3%A1ria%20para,melhor%20a%2024%C2%B0C>. Accessed in: abril 2023.

Portal Jardim Info. **Impatiens**. Available at: <https://jardim.info/impatiens>. Accessed in: apr. 2023.

Portal Serverdo.in. **“InfluxDB: Opção de banco de dados para um alto volume de consultas e escritas”**. Available at: <https://serverdo.in/influxdb/>. Accessed in: abril 2023.

Sampaio, L.; Batista, W.; Oliveira, D.; Oliveira, F.; Santanna, H.; Silva, J.; Santana, B.; Oliveira, F. **Estufa Inteligente - Sistema Automatizado para o Cultivo de Hortaliças**. In: Escola Regional de Computação da Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE), 2018, Aracaju. Anais da Sociedade Brasileira de Computação, 2018.

Portal SEBRAE. **Pesquisa GEM – Global Entrepreneurship Monitor. Empreendedorismo no Brasil. Relatório Executivo**. Editora da Associação Nacional de Estudos em Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas e SEBRAE, 2022.

Vieira, R. Teoria da firma e inovação: um enfoque neo-schumpeteriano. **Cadernos de Economia** (Unochapecó. Impresso), v. 14, p. 36-49, 2010.



## Quantificação do fluxo de escória granulada por meio da equação do sistema INBA®

Jairo Antônio Reis Gomes<sup>1</sup>

Jaqueline do Carmo Lima Carvalho<sup>2</sup>

Robson Pereira de Lima<sup>3</sup>

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

### RESUMO

Durante o processo de produção de ferro-gusa em alto-forno, a escória fundida é gerada como um subproduto. Essa escória pode ser transformada em escória granulada no sistema INBA®, para utilização na indústria cimentícia. Por outro lado, a quantidade de escória granulada produzida é pouco conhecida. Por isso, foi realizado um estudo para determinar os parâmetros da equação que determinam o fluxo de escória no sistema INBA® e para quantificar experimentalmente a escória granulada produzida. Os resultados revelaram que a escória granulada é produzida com teor de umidade de 6,0% e sob um fluxo médio de 1,58 toneladas por minuto.

**Palavras-chave:** Alto-forno. Escória granulada. INBA®.

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Metalúrgica pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: jairo.0693008@discente.uemg.br.

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade. Mestre em Materiais para Engenharia pela Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. É pesquisadora no CETEC – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: jaqueline.z.lima@gmail.com.

<sup>3</sup>Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Mestre e também Doutor pelo Programa de Engenharia de Produção – PEP da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, com ênfase em Gestão e Inovação. É professor e pesquisador da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade de João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: robson.lima@uemg.br.

<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: alan.machado@uemg.br.

## *Quantification of granulated slag flow using the INBA® system equation*

### **ABSTRACT**

*During the blast furnace pig iron production process, molten slag is generated as a byproduct. This slag can be transformed into granulated slag in the INBA® system, for use in the cement industry. On the other hand, the amount of granulated slag produced is poorly known. To this end, a study was carried out to determine the specific parameters that determine the slag flow in the INBA® system and to experimentally quantify the granulated slag produced. The results revealed that the granulated slag is produced with a moisture content of 6.0% and under an average flow rate of 1.58 tons per minute.*

**Keywords:** Blast furnace. Granulated slag. INBA®.

Artigo recebido em: 31/07/2023

Aceito em: 30/10/2023

## 1. INTRODUÇÃO

A siderurgia é a indústria responsável pela produção do aço, um material indispensável em diversos segmentos que são essenciais para a sociedade moderna, como construção civil, indústria automotiva e máquinas pesadas, entre outros. Os equipamentos utilizados na produção de aço incluem altos-fornos, convertedores e fornos elétricos. O alto-forno, particularmente, é um reator usado para a produção de ferro-gusa, a matéria-prima principal na produção de aço. No topo do alto-forno, o processo começa com a carga das principais matérias-primas, como sinter, minério granulado, pelota e coque metalúrgico. Em seguida, esses materiais são aquecidos a temperaturas extremamente elevadas, gerando uma reação química e resultando na produção de ferro-gusa e escória. Nesse contexto, ressalta-se que, somente no Brasil, em 2020, foram gerados cerca de 18,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos e líquidos pela produção de aço no país (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021).

A escória, subproduto resultante do processo siderúrgico, é composta principalmente por óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), óxido de cálcio ( $CaO$ ), óxido de magnésio ( $MgO$ ) e dióxido de silício ( $SiO_2$ ) (PAGIO *et al.*, 2022). A mesma pode ser encontrada em diferentes formas, seja líquida, bruta(fundida) ou granulada, produzida pelo seu resfriamento rápido sob alta pressão, usando o sistema *INBA®* (*Brochure Inba System*). O sistema *INBA®* foi desenvolvido na Bélgica, o seu funcionamento se baseia no resfriamento da escória bruta com água, no qual o produto é direcionado para um funil que a descarrega na parte central de um filtro com a estrutura de um tambor. Esse tambor, responsável por processar a mistura, possui uma tela apropriada em sua superfície de saída de água. A mistura que escoar pela tela é direcionada para um reservatório, enquanto partículas de escória são removidas na parte superior usando “dentes” revestidos. Esse sistema é considerado uma tecnologia avançada, por proporcionar a obtenção de partículas de tamanho uniforme, alta qualidade e valor agregado elevado (MATSUURA *et al.*, 2022). Ademais, oferece benefícios ambientais significativos, tais como a diminuição da emissão de gases de combustão e poeira do alto-forno, e a diminuição da demanda por água durante o processo de resfriamento da escória (MATSUURA *et al.*, 2022).

A escória granulada produzida pelo *INBA®* pode ser utilizada como matéria-prima para a indústria de cimento, em misturas de concreto e asfalto, em projetos de infraestrutura, dentre outras aplicações. Ela apresenta propriedades que melhoram as características do concreto, tornando-o mais resistente, com maior resistência à compressão e menos

permeável (HUYNH *et al.*, 2022). Dado que a escória granulada é matéria-prima útil para diversas aplicações, inclusive para produção de cimento, é importante saber a quantidade produzida após o processo de resfriamento. Por isso, o objetivo desse trabalho foi quantificar a escória granulada e a sua composição química, bem como caracterizar o fluxo de escória por meio dos parâmetros equacionais do sistema *INBA*®.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta da escória e medida de massa

A escória granulada foi coletada após a parada programada do alto-forno de uma siderúrgica. A baía de armazenamento foi completamente limpa e foram medidas as massas de três corridas subsequentes ao retorno do alto-forno. Para isso, usou-se uma pá carregadeira com uma balança em sua concha. A Tabela 1 apresenta as condições operacionais de cada corrida.

**Tabela 1:** Dados operacionais de cada corrida após o retorno do alto-forno

Corrida	Tempo de corrida (min)	Pressão do <i>INBA</i> ® com escória (bar)	Pressão do <i>INBA</i> ® sem escória (bar)	Velocidade do tambor (rpm)
1	22	116,3	34,7	0,4
2	103	120,08	34,7	0,4
3	47	117,08	34,7	0,4

**Fonte:** Autores, 2023.

### 2.2 Caracterização das amostras de escória

A umidade da escória foi avaliada para as amostras coletadas em cada corrida (Tabela 1), após a granulação. Essas amostras foram medidas em uma balança industrial e posteriormente colocadas em uma estufa para secagem a uma temperatura de 100-110 °C até massa constante. A diferença de massa entre a escória úmida e seca em porcentagem (análise gravimétrica) foi usada para indicar o teor de umidade em base seca. Ademais, as amostras foram caracterizadas por Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia, utilizando o Espectrômetro S2 PUMA série 2.

### 2.3 Cálculo do fluxo de escória

O fluxo de escória foi calculado pela Equação 1, conforme manual de utilização do sistema *INBA*® da empresa Paul Wurth (1988).

$$Q = \frac{(P - P_0) \cdot N}{K \cdot (0,5N + 1)} \quad (1)$$

Em que:

$Q$  = fluxo de escória (t/min);

$P$  = pressão hidráulica real (bar);

$P_0$  = pressão hidráulica com o tambor descarregado (bar);

$N$  = velocidade do tambor (rpm);

$K$  = constante.

Ainda de acordo com esse manual, a constante  $K$  pode ser determinada pela Equação 2.

$$K = \frac{(P - P_0) \cdot N}{\frac{PES}{TES} \cdot (0,5N + 1)} \quad (2)$$

Em que:

$PES$  = massa da escória seca obtida pelo leito de fusão (t);

$TES$  = tempo de escória (min).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Umidade da Escória (UE) variou entre 5,87% e 6,15% e o valor médio pode ser encontrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Características físicas da escória granulada por corrida

Corrida	Massa de escória úmida (t)	Massa de escória seca medida (t)	UE (%)	K	Q (t/min)	Escória bruta/tonelada de ferro gusa/dia (kg/t)
1	35,01	32,97	6,0 (0,14)*	17,51 (0,58)*	1,58 (0,08)*	321
2	180,20	168,99				
3	80,63	75,76				

\*Desvio padrão da média das três corridas.

**Fonte:** Autores, 2023.

A umidade da escória granulada é um fator importante por indicar a quantidade de água presente na escória após sair do sistema *INBA*® e está diretamente relacionada à variação de massa entre a escória fundida e a granulada. No entanto, há poucos estudos sobre os teores de umidade da escória granulada, já que geralmente é repassada às cimenteiras em base seca, ou seja, sem a água. Pode ser observado também pela Tabela 2 que, os valores da constante K e do fluxo de escória (Q) são grandezas inversamente proporcionais, significando que para um fluxo de escória mais alto, menor será a constante K. Outro importante resultado foi a razão de escória fundida produzida por tonelada de gusa (Tabela 2). Esse valor é relevante para o controle do processo siderúrgico, sendo desejável um valor mínimo de escória produzida. No dia avaliado, o valor obtido foi de 321 kg de escória bruta por tonelada de ferro-gusa, abaixo do limite estabelecido pela siderúrgica de 340 kg de escória bruta por tonelada. A composição química da escória granulada é mostrada na Tabela 3.

**Tabela 3:** Análise química da escória granulada

Corrida	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	FeM*
	% (m/m)										
1	37,75	0,41	0,79	10,53	42,44	6,05	0,35	0,49	0,09	0,29	0,40
2	38,11	0,37	0,94	10,30	42,39	5,65	0,32	0,51	0,12	0,44	0,34
3	39,39	0,30	0,68	10,58	42,20	4,73	0,25	0,49	0,113	0,30	0,94

\*FeM indica a quantidade de material retirada pelo ímã por massa da amostra.

**Fonte:** Autores, 2023.

Foi observado que a quantidade de FeM, ou seja, o material que o ímã retirou antes da análise da amostra, apresentou um desvio padrão de 0,30%, indicando uma leve variação na quantidade retirada pelo ímã em relação à massa da amostra. O uso do ímã se torna necessário para eliminar impurezas que podem estar presentes na amostra e prejudicar a assertividade da composição química. Além disso, é importante destacar que os teores de enxofre nas diferentes corridas da escória granulada variaram de 0,30% a 0,41%. Quando o teor de enxofre é superior a 3,5%, pode ocorrer a precipitação de sulfitos, o que pode retardar o tempo de pega do cimento (VOTORANTIM CIMENTOS, 2018).

Também foi observado que os teores de alumínio e sílica na escória são

suficientemente altos para que a escória apresente reatividade adequada com a água, formando compostos que contribuem para as propriedades do cimento, como resistência mecânica e durabilidade. Adicionalmente, é essencial destacar que o teor de ferro na escória não deve ser excessivamente alto, uma vez que isso pode resultar em uma coloração indesejada no cimento produzido. O teor recomendado de ferro na escória é de até 5% na forma de FeO, e foi observado que as amostras coletadas apresentam teores inferiores ao estipulado pelas cimenteiras (COELHO, 2002), sendo eles respectivamente em ordem crescente de corrida 0,41%, 0,37%, e 0,30%.

Embora o alto-forno tenha passado por uma parada programada, os teores apresentados na escória granulada apresentaram-se satisfatórios conforme estipulado pela norma NBR 16697. Portanto, a escória granulada estudada apresenta potencial promissor para aplicação em cimenteiras.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base nos parâmetros calculados (K e Q), tornou-se possível desenvolver métodos alternativos para medir o volume de escória produzida por tonelada de ferro gusa, isto é, calcular a taxa de escória, sem a necessidade de análises químicas das matérias-primas, que frequentemente requerem equipamentos mais sofisticados. No entanto, com o uso do sistema *INBA®*, é possível obter uma estimativa do fluxo de escória granulada que contribui para a eficiência e a sustentabilidade da indústria siderúrgica. Tal fator abre caminho para a utilização da escória granulada como matéria-prima de diferentes materiais, proporcionando agregação de valor ao resíduo, reduzindo o uso de recursos naturais, promovendo a economia circular e evitando descartes inadequados.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e à Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pelo apoio financeiro e por bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

COELHO, M. A. M. **Contribuição ao estudo da carbonatação e da retração em concretos com elevados teores de escória de alto-forno.** 2002. 40 f. Dissertação. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

HUYNH, T.-P., Ho, L. S., & Ho, Q. V. *Experimental investigation on the performance of concrete incorporating fine dune sand and ground granulated blast-furnace slag.* *Construction and Building Materials*, 347, 128512, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128512>

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Anuário Estatístico 2021.** Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/publicacoes/Acesso em: 17 abr. 2023.>

MATSUURA, H.; YANG, X.; LI, G. *Recycling of ironmaking and steelmaking slags in Japan and China.* *Int J Miner Metall Mater* 29, 739–749 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12613-021-2400-5>.

PAGIO, M. Z.; CARRARETO, L. F.; VIEIRA, G. L.; MAGALHÃES, D. C. **Caracterização de resíduos siderúrgicos visando à aplicação em matrizes cimentícias.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 167-186, abr./jun. 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000200599>

PAUL WURTH GROUP. *Brochure Inba System.* Disponível em: <https://www.paulwurth.com/wp-content/uploads/2020/08/Brochure-INBA-System-en.pdf>. Acesso em: 19 abr.2023.

.



## Tolerância à diversidade sexual no ambiente escolar a partir de um projeto de extensão

Breno Eustáquio da Silva<sup>1</sup>

Pedro Henrique Moreira dos Santos<sup>2</sup>

### RESUMO

Esse relato de experiência retrata a importância da tolerância à diversidade sexual no ambiente escolar por meio de um projeto de extensão desenvolvido em uma faculdade de Engenharia em 2022. Partindo da constatação de que a diversidade sexual é pouco discutida nas escolas, o projeto visou promover o debate sobre a homofobia na escola. Apesar das dificuldades encontradas, o projeto foi realizado em quatro escolas de educação básica e duas universidades, revelando a falta de preparo dos estudantes e dos próprios professores para discutir a diversidade sexual. Foram selecionadas cinco instituições de ensino, onde foram realizadas sessões com duração aproximada de 1h30min. O impacto do projeto foi percebido na melhora da compreensão da sigla LGBTQIA+ e na percepção dos participantes sobre a homofobia na sala de aula. O estudo ressalta a importância de debater temas cercados de tabus e preconceitos para romper com as dinâmicas de poder existentes, e destaca a relevância de promover um ambiente educacional acolhedor e sensível às diversidades dos alunos.

**Palavras-chave:** Diversidade. Ambiente Escolar. Combate à Homofobia.

<sup>1</sup>Graduado em Comunicação Social – Jornalismo, em Administração e Geografia. Possui Especializações em: Criação e Produção em Mídia Eletrônica – Rádio e TV; Gestão Organizacional; e Educação. É Mestre em Administração pela Faculdade Pedro Leopoldo – FPL, e Doutor em Ciências da Educação pela Universidad Politécnica y Artística del Paraguay – UPAP. É professor da Faculdade Doctum e da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: brenomonlevade@gmail.com.

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Unidade João Monlevade, MG, Brasil. E-mail: pedrohms2019adm@gmail.com.

## *Tolerance towards sexual diversity in the school environment through an extension project*

### **ABSTRACT**

*This report depicts the importance of tolerance towards sexual diversity in the school environment through an extension project developed at an Engineering college in 2022. Based on the observation that sexual diversity is seldom discussed in schools, the project aimed to promote the debate on homophobia in schools. Despite the difficulties encountered, the project was carried out in four basic education schools and two universities, revealing the lack of preparedness among students and teachers to discuss sexual diversity. Five educational institutions were selected, where sessions lasting approximately 1 hour and 30 minutes were conducted. The impact of the project was perceived in the improvement of understanding the LGBTQIA+ acronym and participants' awareness of homophobia in the classroom. The study highlights the importance of discussing taboo and prejudice-laden topics to break existing power dynamics, emphasizing the relevance of fostering a welcoming and sensitive educational environment to accommodate students' diversities.*

**Keywords:** *Diversity. School Environment. Combating Homophobia.*

Artigo recebido em: 13/07/2023

Aceito em: 14/08/2023

## 1. INTRODUÇÃO

A diversidade sexual é um tema que ainda enfrenta desafios na sociedade contemporânea, e a escola desempenha um papel fundamental na promoção da tolerância e do respeito às diferenças. Nesse contexto, o presente relato de experiência tem como objetivo retratar a importância da tolerância à diversidade sexual no ambiente escolar a partir de um projeto de extensão desenvolvido por alunos e professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) em 2022, através do Programa de Apoio à Extensão (PaEx), edital 01/2022 .

Partiu-se da hipótese de que a diversidade sexual ainda é pouco discutida nas escolas, o que resulta na falta de preparo dos professores para abordar essa temática em sala de aula. Tal hipótese foi confirmada anos antes, em 2019, quando foi realizado, também via PaEx, o projeto “Cine UEMG Diversidade”. Essa iniciativa teve como objetivo levar o debate sobre diversidade sexual para escolas públicas e particulares do município de João Monlevade-MG, por meio da exibição de curtas-metragens, seguida de rodas de conversa. No entanto, houve dificuldades para obter a colaboração das instituições de ensino, uma vez que diretores e professores expressaram preocupação com a reação dos pais dos alunos diante do tema abordado. Além disso, questões religiosas foram frequentemente citadas, corroborando a afirmação de Torres (2010) de que a religiosidade é um dos pilares do preconceito homossexual.

Apesar desses obstáculos, o projeto de extensão foi realizado em quatro escolas de educação básica e duas universidades de João Monlevade em 2019. Os participantes envolvidos no projeto, incluindo um professor e quatro estudantes universitários voluntários, constataram que não apenas os estudantes, mas também os professores estavam despreparados para debater a diversidade sexual. Essa constatação levou à proposição, em 2022, de uma nova versão do Cine UEMG Diversidade, agora com foco na capacitação docente.

Na literatura, encontram-se várias explicações do porquê o ambiente escolar não é imune à homofobia, tornando-se território hostil para estudantes LGBTQIA+. E as argumentações começam sobre como a Ciência tenta explicar a causa da homossexualidade, pois não há um consenso. LeVay (2017), por exemplo, afirma que a orientação sexual é um fenômeno complexo e que ainda há muito a ser descoberto sobre suas causas. O autor destaca

que a ciência ainda não possui todas as respostas e que é essencial evitar simplificações excessivas e estereótipos em relação à homossexualidade e às demais orientações sexuais.

Já Trevisan (2018) defende a teoria da orientação sexual natural, afirmando que a homossexualidade é tão natural quanto a heterossexualidade e é determinada por fatores biológicos e genéticos. Porém, ao longo da história, a homossexualidade foi considerada problemática especialmente por influência de religiões cristãs, que sempre defenderam a prática como nefasta, sustentando que a Bíblia proíbe a relação de pessoas do mesmo sexo. Assim sendo, durante os séculos da história ocidental, foi dado à homossexualidade um caráter imoral e patológico, sendo o comportamento afetivo-sexual tratado como doença incluída em manuais de diagnóstico, como a Classificação Internacional de Doenças (CID) e o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM) (SILVA, 2023).

Apenas mais recentemente, na década de 1990, é que a homossexualidade foi reconhecida como não sendo uma doença. Porém, o estigma secular de vergonha ainda é forte, pois pessoas LGBTQIA+ enfrentam preconceito e equívocos por parte da sociedade, seja nas famílias, nas igrejas, no Estado e, principalmente, na escola (SILVA, 2023).

A esse cenário não muito amistoso, ainda refletem no ambiente escolar o fato de o Brasil possuir um dos maiores índices de homofobia do planeta. No país, ocorre uma agressão a uma pessoa LGBTQIA+ a cada hora. Entre 2015 e 2017, houve um total de 24.564 notificações de violência registradas na saúde pública nacional, com uma média de 22 notificações por dia (PUTTI, 2020). Além disso, o Brasil está entre os países com maior número de assassinatos de pessoas transexuais, travestis ou transgêneros, totalizando 140 mortes violentas apenas em 2021, números que podem estar subnotificados (BENEVIDES, 2022). O país também é deficiente em políticas públicas para a população LGBTQIA+, o que, de acordo com Albuquerque et al (2013), dificulta o acesso dessa população a serviços de saúde e segurança e as torna ainda mais vulnerável a problemas como risco elevado de suicídio e agravamento do sofrimento psicológico em virtude do enfrentamento discriminatório sistemático (SILVA, 2023).

Por fim, convém ressaltar na literatura dados que atestam que a escola é um ambiente potencialmente homofóbico. Um levantamento da ABGLT (2016) revelou que 73% dos alunos do ensino médio presenciaram ou ouviram comentários homofóbicos em suas escolas. Outra pesquisa de Michels (2018) mostrou um aumento de 46% nos casos de violência contra alunos LGBTQIA+ nas escolas brasileiras em apenas um ano, com a maioria das vítimas sendo do sexo masculino e os agressores sendo colegas de classe.

Esses estudos ressaltam a gravidade da homofobia nas escolas e a necessidade de ações efetivas das autoridades educacionais e da sociedade em geral para combater essa discriminação e garantir um ambiente seguro e acolhedor para todos os estudantes, independentemente de sua orientação sexual ou identidade de gênero. Ramires (2011) argumenta que o sistema educacional brasileiro contribui para a perpetuação da discriminação contra indivíduos LGBTQIA+, com base em estudos sobre homofobia no Brasil.

Todo esse cenário serviu como justificativa para o desenvolvimento do projeto de extensão em 2022 por parte de professor e alunos da Faculdade de Engenharia da UEMG, em função da emergência humana desse tipo de debate. A seguir, serão expostos os objetivos da vivência aqui relatada; a metodologia empregada para a realização da experiência, incluindo a descrição do contexto e dos procedimentos adotados, bem como será feita uma apresentação dos resultados observados e das considerações acerca da ação de combate à homofobia no ambiente escolar.

## **2. OBJETIVOS DA VIVÊNCIA**

O objetivo geral foi transmitir a necessidade da abordagem de assuntos poucos discutidos em ambientes escolares aos profissionais da educação, dando ênfase à importância do debate em relação à diversidade sexual.

Já os objetivos específicos foram:

a) Eleger curtas-metragens que abordem temáticas voltadas à diversidade sexual e exibi-los posteriormente aos professores em instituições de ensino Fundamental II e Médio, além de universidades públicas e privadas do município de João Monlevade-MG e, eventualmente, alguma cidade da região;

b) Criar espaços de discussão em ocasião da sessão - instigados pela exibição de curta-metragem - com a presença de mediadores especialistas (tais como psicólogos e advogados, entre outros profissionais);

c) Gerar conteúdo relacionado a temas como sexualidade e diversidade sexual, visto que são assuntos pouco abordados dentro do contexto estudantil e tratar com cientificidade estas questões socialmente marginalizadas;

d) Permitir que os alunos das escolas onde o projeto foi realizado sejam educados

ressaltando - através dos ensinamentos passados aos professores - não somente a importância da tolerância à diversidade sexual, mas também o respeito às minorias.

### **3. METODOLOGIA**

O projeto foi executado da seguinte maneira:

No primeiro mês, o aluno bolsista e os voluntários fizeram reuniões com o professor orientador para eleger a obra cinematográfica utilizada durante a execução. Foram selecionadas 5 instituições de ensino nos níveis Básico (Fundamental II e Médio) e Superior, sendo elas: Escola Estadual Dr. Geraldo Parreiras, Escola Estadual Manoel Loureiro, Escola Estadual Professor Antônio Fernandes Pinto (da cidade de Rio Piracicaba-MG) e as escolas de ensino superior UEMG – Unidade João Monlevade e Faculdades Doctum de João Monlevade (Rede de Ensino Doctum). Posteriormente, foram executadas as sessões em cada instituição selecionada com duração aproximada de 1h30 minutos.

As sessões seguiram a seguinte ordem de execução:

#### **a) Primeira parte**

Foram distribuídos questionários com perguntas que buscaram medir o nível de conhecimento dos profissionais presentes em relação à diversidade sexual. Os questionários base foram distribuídos em formato impresso, para preenchimento durante as sessões. Os questionários foram anônimos, porém foram numerados para controle da aplicação.

#### **b) Segunda parte**

O curta-metragem foi exibido e, logo após, foi instigado um debate juntamente com os profissionais convidados sobre as temáticas abordadas pela obra;

##### **b.1) Sobre o filme**

A obra cinematográfica exibida aos professores foi o curta-metragem “Hoje eu não quero voltar sozinho”, produzido em 2010 e dirigido por Daniel Ribeiro. O curta retrata a vida de Leonardo, um adolescente deficiente visual, que muda com a chegada de Gabriel, um novo aluno na escola. O jovem vive a inocência da descoberta do amor e da homossexualidade, ao mesmo tempo em que lida com o ciúme da amiga Giovana.

#### **c) Terceira parte**

Após o término do debate, os mesmos professores que preencheram o primeiro questionário respondem a um segundo formulário que permitiu medir o aprendizado após as discussões.

Todos os questionários foram distribuídos em formato impresso. Os resultados são apresentados logo a seguir e serviram como uma autoavaliação das escolas sobre a importância que estão dando a assuntos como sexualidade e diversidade sexual.

#### 4. RESULTADOS

O projeto de extensão Cine UEMG Diversidade 2 contou com sessões em escolas de João Monlevade-MG e uma em Rio Piracicaba-MG. A descrição dessas sessões é apresentada a seguir e dados obtidos através de questionários aplicados durante a execução do projeto de extensão estão no Apêndice A.

##### a) Sessão 1

A primeira sessão foi realizada na UEMG, unidade João Monlevade, sede do bairro Santa Bárbara, no dia 13 de julho de 2022 e teve participação dos mediadores Breno Gabriel Martins e Alex Brito, graduandos em Direito pela Rede de Ensino Doctum. A pauta principal foram os Direitos Humanos aplicados à comunidade LGBTQIA+.

**Figura 1:** Registro fotográfico da 1ª sessão



**Fonte:** Autores, 2022.

**b) Sessão 2**

A segunda sessão foi realizada na Escola Estadual Professor Antônio Fernandes Pinto, em Rio Piracicaba, no dia 10 de agosto de 2022 e teve como mediador Jackson Luiz Souza Rodrigues, bacharel em Engenharia Ambiental pela UEMG João Monlevade. A pauta foi a luta pela visibilidade LGBTQIA+.

**Figura 2:** Registro fotográfico da 2ª sessão



**Fonte:** Autores, 2022.

**c) Sessão 3**

A terceira sessão foi realizada na Escola Estadual Manoel Loureiro, no dia 14 de setembro de 2022, com mediação do bolsista, graduando em Engenharia Ambiental pela UEMG João Monlevade. O tema foi o docente e a visibilidade LGBTQIA+ na sala de aula.

**d) Sessão 4**

A quarta sessão do projeto ocorreu junto a alunos e professores dos cursos de Psicologia e Administração da Rede de Ensino Doctum, no dia 25 de outubro de 2022, contando com a mediação dos alunos voluntários do projeto e do professor orientador. A sessão ocorreu em caráter especial a convite da professora e então coordenadora do curso, Marcela Borges, que ministrou a disciplina Projeto Integrador, cujo tema era Saúde Mental de pessoas LGBTQIA+. Ao todo, participaram 53 pessoas sendo que para além da obra cinematográfica, foram citadas obras de estudiosos como Donald Woods Winnicot, Eric Cervini, Renan Quinalha e João Silvério Trevisan.

**e) Sessão 5**

A quinta sessão ocorreu em conjunto com o 24º Seminário de Pesquisa e Extensão da UEMG, no dia 22 de novembro de 2022, na sede do bairro Santa Bárbara em João

Monlevade-MG. Neste dia, a equipe responsável pelo projeto (professor orientador, aluno bolsista e alunos voluntários) executou uma apresentação com participação dos docentes da unidade e também de seus discentes, com o tema: a visibilidade LGBTQIA+ na escola.

**Figura 3:** Registro fotográfico da 5ª sessão



Fonte: Autores, 2022.

#### f) Sessão 6

A sexta e última sessão ocorreu na Escola Estadual Dr. Geraldo Parreiras, no dia 3 de dezembro de 2022, com mediação dos alunos voluntários e do professor orientador.

**Figura 4:** Registro fotográfico da 6ª sessão



Fonte: Autores, 2022.

Em todas as sessões realizadas, foi possível observar o despreparo da maioria do público na abordagem às questões de diversidade sexual. Os professores desconhecem

medidas de amparo jurídico, psicológico, pedagógico, entre outras, que venham a atender às demandas dos alunos e dos próprios docentes no ambiente escolar.

A todo momento, os mediadores do projeto (convidados, bolsista, voluntários e professor orientador) recebiam relatos de casos complexos vivenciados em sala de aula e que a equipe pedagógica não conseguia mediar (e/ou resolver) por desconhecimento ou falta de apoio. Entre os relatos estão: dúvidas quanto ao uso de nome social por alunos transexuais, travestis e transgêneros; casos de automutilação motivada por conflitos da sexualidade, tentativa de autoextermínio, conflitos psicopedagógicos e, principalmente, conflitos familiares.

Em função do tempo das sessões e também do propósito do projeto, esses relatos foram ouvidos, mas sempre destacando aos docentes que o objetivo do projeto de extensão era mostrar o quanto é necessário discutir os temas e como a questão LGBTQIA+ faz parte do cotidiano escolar. Todavia, quase nenhum espaço é dado ao debate sobre esses assuntos.

Ao mesmo tempo, comparando as respostas dos questionários-base à reação do público após as sessões (ver Apêndice A), foi possível observar como o tema diversidade é alvo de dúvidas e questionamentos. A maioria dos profissionais se mostrou instigada a conhecer mais a fundo a temática na busca pela promoção de um ambiente escolar mais acolhedor. Também convém destacar que a realização do projeto contribuiu para a melhoria do entendimento dos participantes, uma vez que se observou significativa melhora de entendimento da sigla LGBTQIA+ após a realização das sessões. Porém, alguns participantes, claramente, reagiram de forma indiferente ao tema, seja pela sustentação de um ponto de vista contrário ao das apresentações ou pela negação da problemática que instigou a criação do projeto. Em uma das sessões, um professor pediu a palavra e declarou que considera “moda” alunos se declararem LGBTQIA+, observação essa que vai de encontro com a sustentação de Trevisan (2018) de que a homossexualidade não é escolha, mas condição inata, que se manifesta naturalmente, assim como a heterossexualidade.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sob a ótica do impacto que o projeto vislumbrou levar às salas de aula, contribuindo para torná-las espaços de acolhimento aos alunos e às suas diversidades, somada à reação do público-alvo de uma forma geral, é possível inferir que iniciativas como o Cine UEMG

Diversidade são potentes ferramentas para a construção de um ambiente educacional atento e sensível às individualidades dos discentes.

Percebeu-se melhora significativa da compreensão da sigla LGBTQIA+, assim como da própria percepção dos participantes quanto aos aspectos que envolvem a homofobia na sala de aula.

Esse cenário só reforça como é importante instigar debates sobre temas cercados de tabus e preconceitos. Essa é uma ação básica quando o objetivo é romper com as dinâmicas de poder já existentes, visto o fato de que tais estruturas garantem a permanência de um grupo hegemônico à custa da desumanização de outros.

A realização deste projeto de extensão mostrou que debater a diversidade no ambiente escolar é relevante. Combater a homofobia não objetiva a destruição dos valores sociais existentes ou a disseminação da tão propalada “ideologia de gênero”. Pelo contrário, o foco é criar um espaço mais humano e seguro para os membros da comunidade LGBTQIA+, além de promover capacitação àqueles que, por meio da transmissão de seu conhecimento, são incumbidos da tarefa de garantir que as gerações futuras desfrutem de paz e dignidade em todos os âmbitos de suas dinâmicas sociais.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Lésbicas, Gays, Bissexuais, Travestis e Transexuais (ABGLT). Secretaria de Educação. **Pesquisa Nacional sobre o Ambiente Educacional no Brasil 2015: as experiências de adolescentes e jovens lésbicas, gays, bissexuais, travestis e transexuais em nossos ambientes educacionais**. Curitiba: ABGLT, 2016. Disponível em <https://abgl.org.br/wp-content/uploads/2020/05/IAE-Brasil.pdf>. Acesso em 29 mar 2022.

BENEVIDES, Bruna G. **Dossiê: Assassinatos e violências contra travestis e transexuais brasileiras em 2021**. 2022. Associação Nacional de Travestis e Transexuais do Brasil - ANTRA. Brasília - DF. Disponível em: <https://antrabrasil.files.wordpress.com/2022/01/dossieantra2022-web.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2022.

HOJE não quero voltar sozinho. Direção de Daniel Ribeiro. Produção de Diana Almeida. Roteiro: Daniel Ribeiro. S.L.: Lacuna Filmes, 2010. Son., color.

LEVAY, S. **Gay, straight, and the reason why: The science of sexual orientation**. Oxford University Press, 2017.

MICHELS, Eduardo. **Homotransfobia Mata**. Relatório sobre a violência homofóbica no Brasil, 2018. Banco de Dados. Hemeroteca Digital. Disponível em: <https://homofobiamata.wordpress.com/estatisticas/>. Acesso em 6 abr 2023.

PUTTI, Alexandre. **Um LGBT é agredido no Brasil a cada hora, revelam dados do SUS**. 2020. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/diversidade/um-lgbt-e-agredido-no-brasil-a-cada-hora-revelam-dados-do-sus/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

RAMIRES, Luiz. **Homofobia na escola: o olhar de um educador social do movimento LGBT**. In: VENTURI, Gustavo; BOKANY, Vilma (Orgs.). *Diversidade sexual e homofobia no Brasil*. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2011. p. 41-58. ISBN 978-85-7643-084-1.

SILVA, Breno Eustáquio da. **O professor como agente de combate à homofobia no ambiente escolar**. 2023. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Educação, Universidad Politécnica y Artística del Paraguay, Ciudad del Este, 2023.

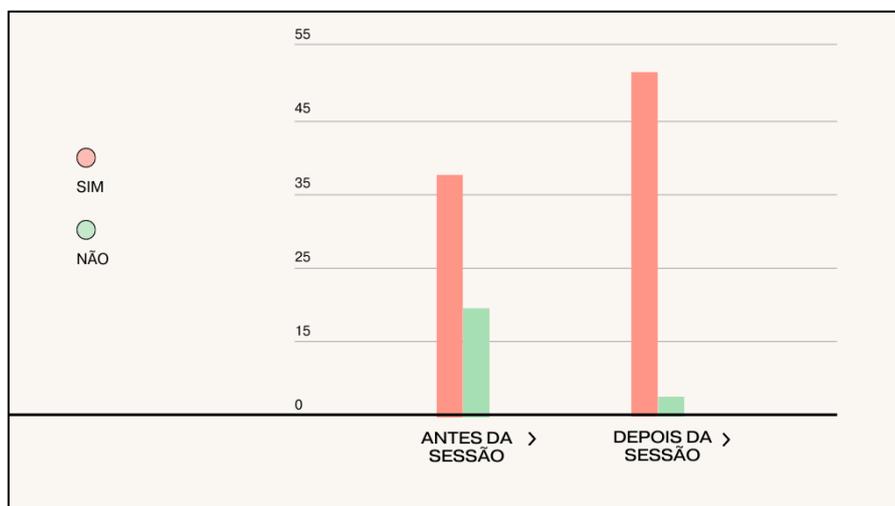
TORRES, Marco A. **A diversidade sexual na educação e os direitos de cidadania LGBT na Escola**. Ouro Preto, MG: Grupo Autêntica, 2010. 9788582178133. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582178133/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

TREVISAN, J. S. **Devassos no Paraíso: a homossexualidade no Brasil, da colônia à atualidade**. 4ª ed. Revisada e atualizada. São Paulo: Objetiva, 2018.

## APÊNDICE A – EXPOSIÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Dos formulários aplicados antes e após cada sessão do projeto de extensão, 53 foram validados e os resultados são expostos a seguir de maneira comparativa:

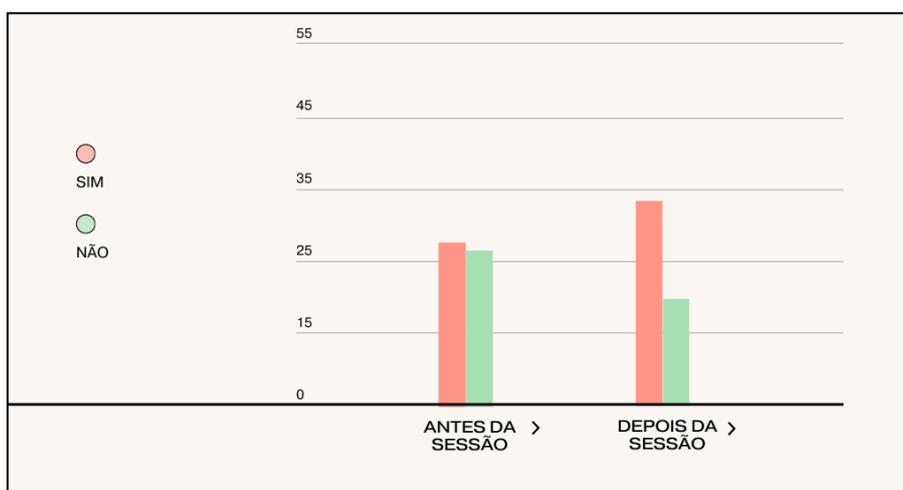
**Gráfico 1:** Você sabe o significado da sigla LGBTQIA+?



**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, 67,9% dos participantes (36) afirmaram saber o significado da sigla, enquanto 32,1% (17) responderam não ter conhecimento. Após a sessão e a explicação dos executores do projeto de extensão, com 96,2% dos docentes (51) afirmaram saber o significado da sigla e apenas 3,8% ainda indicando não saber (2 respostas). Conclusão: houve melhora acentuada no conhecimento em virtude das estratégias educacionais adotadas durante as sessões do projeto.

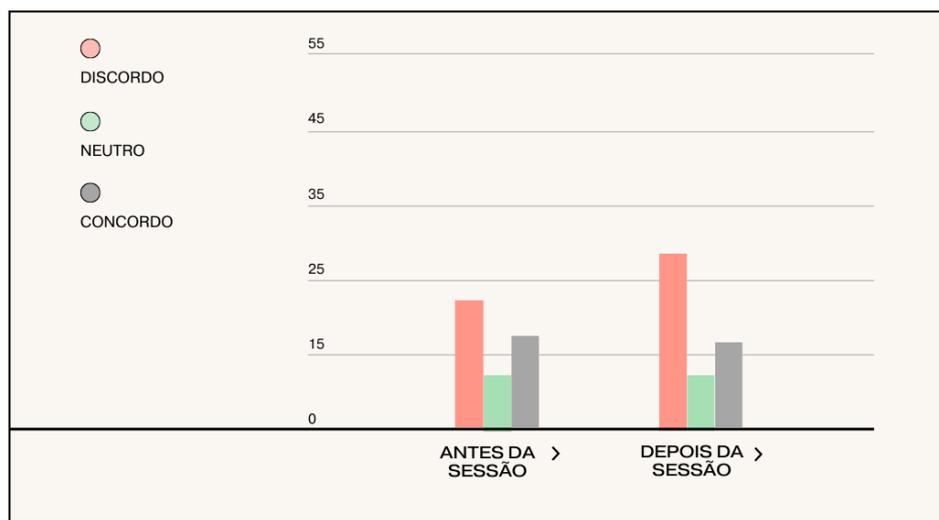
**Gráfico 2:** Você já presenciou algum ato homofóbico na sala de aula?



**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

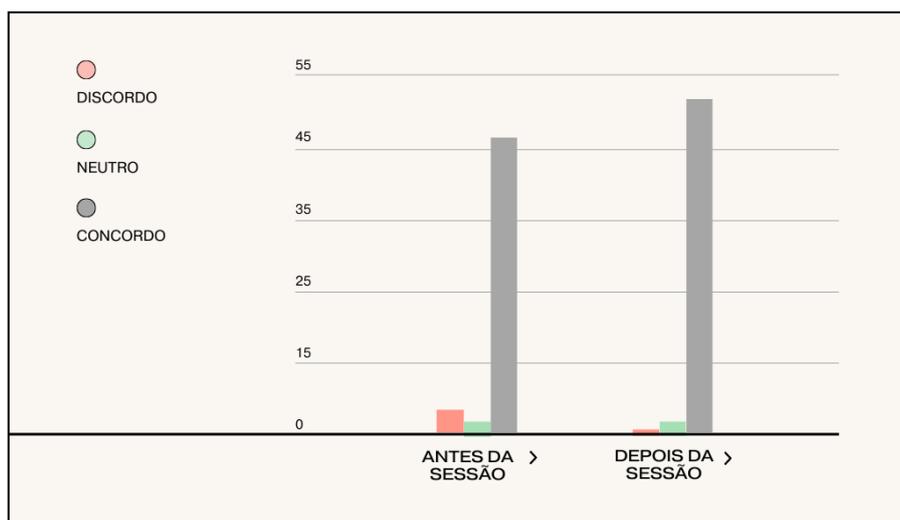
Antes da sessão, 50,9% dos participantes (27) afirmaram já ter presenciado atos homofóbicos na sala de aula, enquanto 49,1% (26) responderam não ter presenciado. Após a sessão, houve um aumento na proporção de professores que relataram ter testemunhado atos homofóbicos, com 64,2% (34) afirmando ter presenciado, e uma redução para 35,8% (19) daqueles que disseram não ter vivenciado. Conclusão: As sessões do projeto de extensão provocaram maior conscientização e sensibilidade dos professores com relação à homofobia.

**Gráfico 3:** Assuntos relacionados à homofobia são tratados com frequência com os alunos



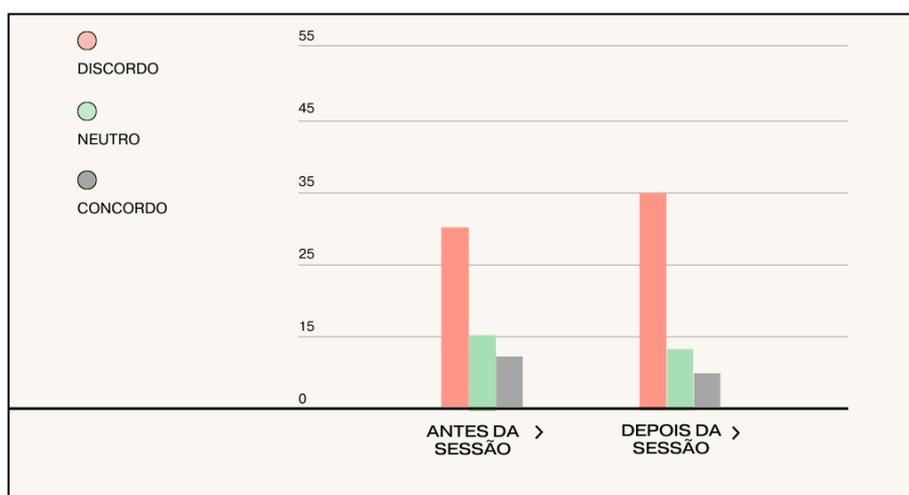
**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, 44,2% dos participantes (23) discordaram que esses assuntos são tratados com frequência, enquanto 32,7% (18) concordaram e 23,1% (12) se posicionaram como neutras. Após a sessão, o percentual de discordância aumentou para 51% (27 respostas), enquanto a concordância diminuiu para 32% (17) e a neutralidade também reduziu para 17% (9). Conclusão: Embora a diferença não seja acentuada, a maior discordância após as sessões indica maior conscientização dos docentes sobre a necessidade de abordar esses temas de maneira mais frequente.

**Gráfico 4:** A escola/universidade deve fornecer apoio para que haja esse tipo de debate

**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, 87% (46) dos participantes concordou que a instituição deveria fornecer apoio para esse tipo de debate, enquanto 10% (5) discordaram e 3% (2) foram neutros. Após a sessão, a concordância aumentou ainda mais para 92% (49), enquanto a discordância diminuiu para 2% (1) e a neutralidade aumentou ligeiramente para 6% (3 pessoas). Conclusão: As sessões do projeto de extensão tiveram um impacto notável na percepção dos professores sobre a importância dos debates sobre homofobia.

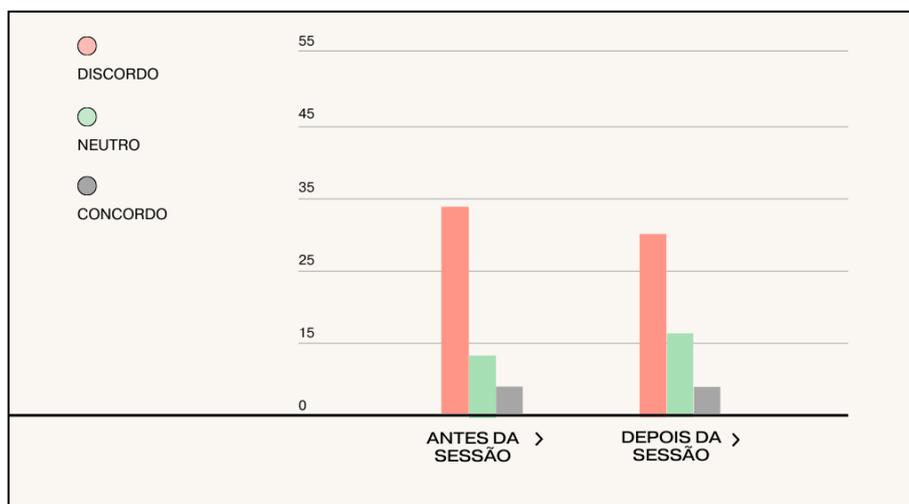
**Gráfico 5:** Ser LGBTQIA+ é uma escolha

**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, a maioria dos professores (55,7%, ou 29 respostas) discordou que ser LGBTQIA+ seja uma escolha, enquanto 28,9% (15) se posicionaram como neutros e 15,4% (9) concordaram. Após a sessão, aumentou o percentual de discordância, com 66% (35) dos docentes assim se manifestando; uma redução para 22,6% (12) na neutralidade e

uma diminuição para 11,4% (6 pessoas) na concordância. Conclusão: Após o projeto de extensão, os participantes se tornaram mais conscientes de que ser LGBTQIA+ é parte intrínseca da identidade das pessoas.

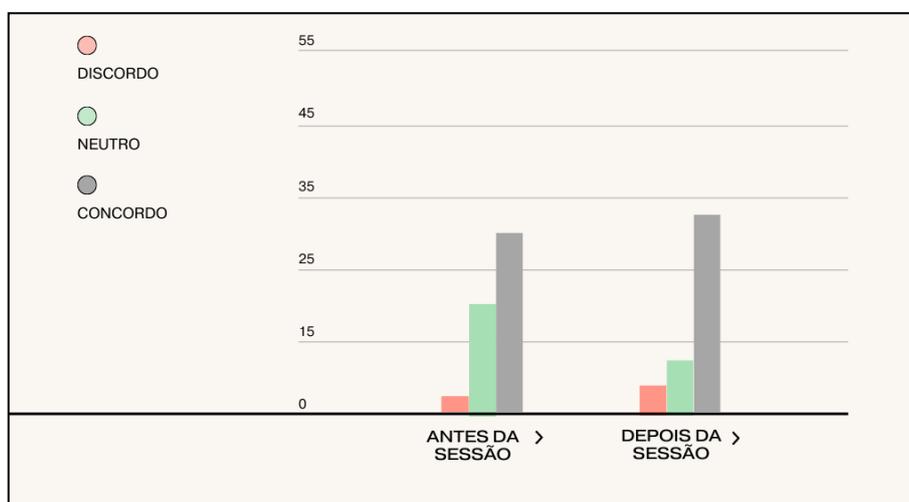
**Gráfico 6:** Sinto-me envergonhado(a) ou intimidado(a) para tratar questões de diversidade



**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, 64,2% dos professores (34) discordaram que se sentem envergonhados ou intimidados, enquanto 24,5% (13) estavam neutros e 11,3% (6) concordaram. Após a sessão, a proporção de discordância caiu para 58,5% (31); houve redução para 30,2% (16) na neutralidade e 11,3% (6) permaneceram na concordância. Conclusão: O projeto de extensão reduziu os sentimentos de vergonha ou intimidação dos professores para lidarem com questões de diversidade.

**Gráfico 7:** Sinto-me confortável para debater sobre o assunto

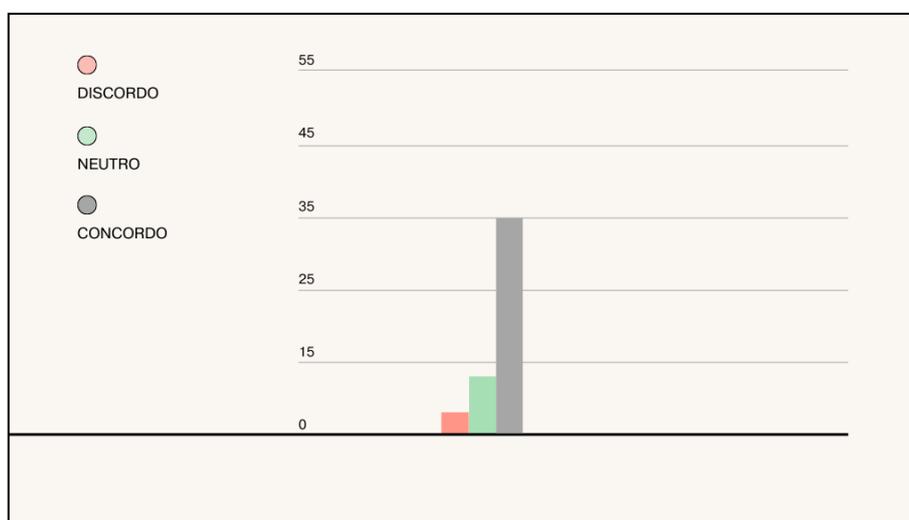


**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

Antes da sessão, 54,7% (29) dos professores concordaram que se sentem confortáveis para debater o assunto, enquanto 35,8% (19) ficaram neutros e 9,5% discordaram (5 pessoas). Após a sessão, a proporção de concordância subiu para 62,3% (33), uma redução para 20,8% (11) na neutralidade e uma ligeira elevação na discordância para 16,9% (9). Conclusão: O projeto de extensão aumentou a confiança e a disposição dos professores no debate sobre questões de diversidade.

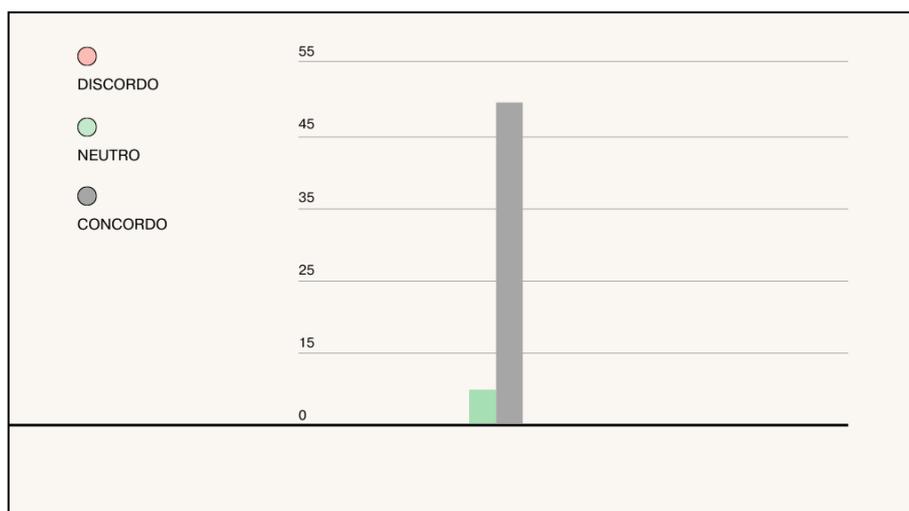
A oitava, nona e décimas perguntas foram restritas ao questionário pós sessões conforme pode ser visto na sequência.

**Gráfico 8:** A abordagem com relação ao tema é tranquila



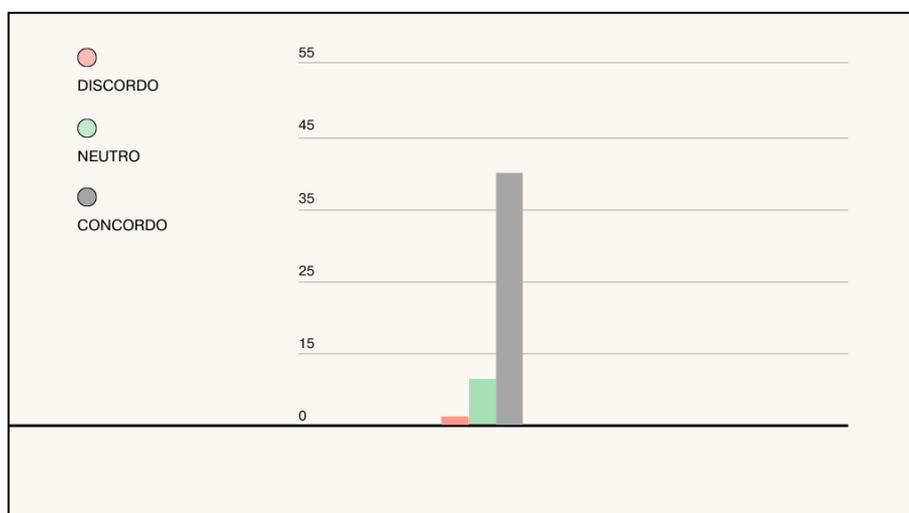
**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

A análise dos dados indica que a maioria dos participantes (66,1%, ou 35 respostas) concorda que a abordagem em relação ao tema da diversidade é tranquila. Um percentual menor, de 22,6% (12) ficou neutro, enquanto 11,3% discordaram (6). Conclusão: a percepção geral dos professores é positiva para discutir sobre diversidade, o que indica um ambiente educacional mais aberto e receptivo.

**Gráfico 9:** Criar espaços como o de hoje é necessário

**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

90,6% dos professores (48) concordam que é necessário criar esses espaços. Já 9,4% (5) se mostraram neutros em relação a essa afirmação, e nenhum participante discordou. Conclusão: os educadores percebem que é necessário valorizar espaços que promovam debates e discussões sobre homofobia e diversidade sexual.

**Gráfico 10:** Devo adotar uma postura diferente e trazer um pouco mais do assunto para a sala de aula

**Fonte:** Dados da pesquisa (2022).

77,4% dos professores (41) concordam que é necessário adotar uma abordagem diferenciada e retratar mais amplamente o tema em sala de aula. Já 18,9% (10 respostas), indica neutralidade e 3,7% (2) discordam dessa ideia. Conclusão: Os professores reconhecem a importância de incorporar discussões sobre diversidade sexual no dia a dia da escola.