

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA – PROACAD  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE  
MATERIAIS – PPGCEM**

**Diorgines Mattos Machado**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO BASEADO NA  
SISTEMÁTICA CPQvA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
INDUSTRIAIS**

**CRICIÚMA**

**2022**

**Diorgines Mattos Machado**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO BASEADO NA  
SISTEMÁTICA CPQvA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
INDUSTRIAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Orientador: Profa. Dra. Sabrina Arcaro  
Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Raupp Pereira

**CRICIÚMA**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

M149d Machado, Diorgines Mattos.

Desenvolvimento de um sistema de informação baseado na sistemática CPQvA para valorização de resíduos sólidos industriais / Diorgines Mattos Machado. - 2022.

152 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Criciúma, 2022.

Orientação: Sabrina Arcaro.

Coorientação: Fabiano Raupp Pereira.

1. Gestão integrada de resíduos sólidos - Software. 2. Resíduos industriais - Classificação. 3. Critérios CPQvA. 4. Simbiose industrial. 5. Software - Desenvolvimento. I. Título.

CDD. 22. ed. 628.44

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO BASEADO NA SISTEMÁTICA CPQvA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Esta Dissertação foi julgada adequada à obtenção do grau de Mestre(a) em Ciência e Engenharia de Materiais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (Área de concentração: Tecnologia de Materiais) da Universidade do Extremo Sul Catarinense — UNESC.

Criciúma, SC, 29 de abril de 2022.

## Banca Examinadora:

*Eduardo Junca*  
Prof. Dr. Eduardo Junca

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

*Oscar R. K. Montedo*  
Prof. Dr. Oscar Rubem Klegues Montedo

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

**Prof. Dr. Manuel Joaquim Peixoto Marques Ribeiro**

Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Assinado por: Manuel Joaquim Peixoto Marques Ribeiro

Num. de Identificação: 05403140

Data: 2022.04.29 20:31:11+01'00'



CHAVE MÓVEL



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e por estar sempre ao meu lado.

A minha esposa Mabel Benincá e minhas filhas Maria Laura Benincá Mattos e Lívia Benincá Mattos pelo apoio, amor e incentivo para seguir em frente neste projeto.

Aos meus pais Amarildo Milioli da Luz e Sandra.A. Mattos da Luz por contribuírem nas realizações de meus estudos.

A minha orientadora, Prof. Dra Sabrina Arcaro e meu coorientador, Prof. Dr Fabiano Raupp Pereira pelo aprendizado, confiança e paciência.

À CAPES, à UNESC e aos professores e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPGCEM/ UNESC.

Aos meus colegas do PPGCEM/ UNESC, Bruno Gambalonga, João Roberto Mendes, Rafael Kamura, Adriano Damásio, Franciele Burato, Kamila Rodrigues, Leonardo Fontanela, Maiko Jones pela oportunidade em conhecê-los em poder contar com vocês.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz,  
e os seus planos serão bem-sucedidos”

Provérbios 16:3



## RESUMO

As indústrias de manufatura e transformação são de suma importância para a economia, pois produzem bens para serem usados ou comercializados. Todavia, geram resíduos a partir dos recursos naturais dispostos ao ciclo inicial da transformação, gerando impactos negativos ao meio ambiente. Muitos desses resíduos são dispostos em aterros sanitários, mas que poderiam ser valorizados em novos ciclos de produção industrial. O objetivo deste trabalho é aprimorar o sistema de valorização de resíduos sólidos industriais (RSI), CPQvA, a partir da organização informacional computadorizada desta sistemática (CPQvA Web). Neste sistema, o resíduo é avaliado por meio de critérios de classificação (C), analisado suas potencialidades (P) químicas e mineralógicas, verificado a quantidade e a viabilidade (Qv) e, por fim, sugerido sua aplicação (A) de mercado. Cada critério recebe questionamentos que definem o índice de criticidade (Ic) para cada resíduo; assim, por meio de multicritérios de valorização, aumentando a precisão na tomada de decisão. Ressalta-se que a relação entre estes critérios busca a criação de uma ponte de relacionamento por intermédio de simbiose industrial, que encontre um perfil receptor industrial adequado para o resíduo avaliado. Os resultados das aplicações realizadas com dois tipos de RSI's demonstram de forma sistêmica que, na prática, muitas vezes os dados relevantes para a efetiva valorização não são apresentados ou discutidos pelos autores, pois as semelhanças e diferenças das diversas propostas de reutilização do resíduo apontam, independentemente da alternativa de reuso escolhida, que a dificuldade efetiva de aplicabilidade está relacionada com a ausência de reflexões de todos os aspectos necessários para se obter um produto viável. Estas relações devem ser elencadas no processo de tomada de decisão sequenciada pelos critérios sistemáticos CPQvA para a valorização do RSI. A ferramenta informatizada desenvolvida facilitará a disseminação e a comunicação entre empresas por meio do sistema de informação e motivará ainda mais a realização de estudos em ciência e engenharia de materiais, buscando conceitos aplicáveis em soluções de softwares.

**Palavras-chave:** Resíduo sólido industrial. Sistema de informação. CPQvA Web. Simbiose Industrial.

## ABSTRACT

The manufacturing and transformation industries are of paramount importance to the economy, as they produce goods to be used or traded. However, they generate waste from natural resources disposed of in the initial cycle of transformation, generating negative impacts on the environment. Many of these residues are disposed of in sanitary landfills, but they could be recovered in new industrial production cycles. The objective of this work is to improve the industrial solid waste recovery system (RSI), CPQvA, from the computerized information organization of this system (CPQvA Web). In this system, the residue is evaluated using classification criteria (C), its chemical and mineralogical potential (P) is analyzed, the quantity and feasibility are verified (Qv) and, finally, its market application (A) is suggested. Each criterion receives questions that define the criticality index (Ic) for each waste; thus, through multi-criteria valuation, increasing precision in decision making. It is noteworthy that the relationship between these criteria seeks to create a relationship bridge through industrial symbiosis, which finds a suitable industrial receptor profile for the evaluated waste. The results of the applications carried out with two types of RSI's demonstrate in a systemic way that, in practice, often the relevant data for the effective recovery are not presented or discussed by the authors, since the similarities and differences of the different proposals for the reuse of the residue point, regardless of the reuse alternative chosen, that the effective difficulty of applicability is related to the absence of reflections on all the aspects necessary to obtain a viable product. These relationships must be listed in the decision-making process sequenced by the CPQvA systematic criteria for the valuation of RSI. The computerized tool developed will facilitate dissemination and communication between companies through the information system and will further motivate studies in materials science and engineering, seeking applicable concepts in software solutions.

**Keywords:** Industrial solid waste. Information system. CPQvA Web. Industrial Symbiosis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemática para valorização de resíduos (CPQvA, de forma abreviada).	20
Figura 2 - Representação circular da sistemática CPQvA de valorização de Resíduos Sólidos Industriais (RSI).	21
Figura 3 – Adaptação do Fluxograma das etapas referentes à classificação de resíduos de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004.	27
Figura 4 - Representação da hierarquia para as medidas de gerenciamento de RSI.	31
Figura 5 - Representação circular para fluxos de materiais e matérias-primas de acordo com Callister.	33
Figura 6 - Fluxograma da Metodologia do Desenvolvimento do Sistema de Tecnologia da Informação.	45
Figura 7 – Fluxograma de desenvolvimento dos ambientes do sistema.	50
Figura 8 – Fluxograma de Desenvolvimento da Sistemática.	51
Figura 9 – Fluxograma Classificação.	52
Figura 10 – Fluxograma Potencialidade.	52
Figura 11 – Fluxograma Quantidade/viabilidade.	53
Figura 12 – Fluxograma de aplicabilidade.	54
Figura 13 – Fluxograma Cálculo Ic.	55
Figura 14 – Cadastro Usuário.	57
Figura 15 – Banco de Dados CPQvA.	57
Figura 16 – Servidor.	58
Figura 17 – Texto em HTML.	58
Figura 18 – Tabela Responsiva.	59
Figura 19 – Desenho 2D em <i>JavaScript</i> .	59
Figura 20 – Relacionamento Banco de Dados.	60
Figura 21 – Fluxograma Ponte de Relacionamento Comercial.	61
Figura 22 – <i>Template</i> utilizado para desenvolvimento da interface do sistema.	62
Figura 23 – Função Excluir Mineral.	63
Figura 24 – Servidor Localhost.	63
Figura 25 – Tela de Entrada.	67
Figura 26 – Tela de Cadastro.	67
Figura 27 – Login de Acesso.	68

Figura 28 – Tela de Autenticação.....	68
Figura 29 - Ferramentas de Trabalho.....	69
Figura 30 – Tela Mineralogia.....	70
Figura 31 – Tela Produtos Potenciais.....	71
Figura 32 – Tela Agentes. ....	73
Figura 33 – Tela Localização. ....	73
Figura 34 – Cadastrar RSI.....	75
Figura 35 – Modelo de Documento RSI. ....	76
Figura 36 – Tela Meus RSI.....	77
Figura 37 – Tela Classificados. ....	77
Figura 38 – Fluxograma Banco de Dados Principal. ....	80
Figura 39 – Diagrama Banco de Dados Principal.....	81
Figura 40 – Diagrama Banco de Dados Secundário. ....	82
Figura 41 – Formulário de Cadastro.....	83
Figura 42 – Inserção das Informações. ....	84
Figura 43 – Autenticação do Usuário. ....	84
Figura 44 – Mensagem de Saudação. ....	84
Figura 45 – Ferramentas do Sistema. ....	85
Figura 46 – Sair do Sistema. ....	85
Figura 47 – Diagrama Circular. ....	86
Figura 48 – Métodos Utilizados na Programação.....	87
Figura 49 – Resposta Qualitativa. ....	87
Figura 50 – Programação de Resposta no Diagrama Circular. ....	88
Figura 51 – Tela Cadastro RSI.....	89
Figura 52 – Descrição do RSI (q1). ....	90
Figura 53 – Representação da Amostra (q2). ....	91
Figura 54 – Classe Ambiental (q3). ....	92
Figura 55 – Caracterização Química (q4).....	93
Figura 56 – Tela Elementos Constituintes (q4). ....	94
Figura 57 – Elementos Potenciais (q4).....	95
Figura 58 – Seleção dos Minerais (q4).....	95
Figura 59 – Difractogramas (q4). ....	96
Figura 60 – Produtos Potenciais (q4). ....	96
Figura 61 – Variabilidade Composicional (q5).....	98

Figura 62 – Elementos de Tolerância (q6). .....	99
Figura 63 – Armazenagem (q7).....	100
Figura 64 – Adequação ao processamento (q8). .....	101
Figura 65 – Legislação e Regulamentação (q9).....	102
Figura 66 – Quantidade de Geração (q10).....	103
Figura 67 – Geradores e Receptores (q11).....	104
Figura 68 – Produtos Candidatos (q12).....	105
Figura 69 – Avaliação de Desempenho (q12). .....	106
Figura 70 – Codificação Ic do critério C.....	107
Figura 71 – Codificação Ic do critério P.....	108
Figura 72 – Codificação Ic do critério Qv.....	108
Figura 73 – Codificação Ic do critério A.....	109
Figura 74 – Codificação Ic Total. ....	110
Figura 75 – Produtos Potenciais Cadastrados. ....	111
Figura 76 – Minerais Cadastrados. ....	111
Figura 77 – Agentes Cadastrados.....	112
Figura 78 – Localização Cadastradas. ....	113
Figura 79 – Cadastros de Resíduos pelo Usuário.....	113
Figura 80 – Ação de Venda do RSI.....	114
Figura 81 – RSI a Venda.....	114
Figura 82 - Composição química (FRX) do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema .....	118
Figura 83 - Óxidos Potenciais do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema .....	119
Figura 84 - Produtos Potenciais do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema. ....	120
Figura 85 - Adequação ao Processamento RSI RCC do Relatório Gerado pelo Sistema. ....	123
Figura 86 - Produtos Candidatos do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema. ....	126
Figura 87 - Diagrama Circular do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema. ....	129
Figura 88 - Composição Química FRX do ADF Retirado do Relatório Gerado no Sistema .....	131

Figura 89 - Óxidos Potenciais de ADF Retirado Do Relatório Gerado no Sistema .	132
Figura 90 - Produtos Potenciais de ADF Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema. .....	132
Figura 91 - Produtos Candidatos de ADF Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema. .....	137
Figura 92 - Diagrama circular ADF retirado do relatório gerado pelo sistema.....	140

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de geração de RSIs no Brasil em toneladas. ....	25
Tabela 2 - Questionamentos que compõem a sistemática, de acordo com cada critério e seus respectivos pesos (assim fixados de q1 – q12). ....	39
Tabela 3 - Valores atribuídos aos níveis de dificuldade para estabelecer respostas (R) aos questionamentos sistêmicos fixados (q1 – q12). ....	40
Tabela 4 - Faixa de valores e escala qualitativa de cores utilizadas na definição do índice de criticidade (Ic) de valorização de RSI. ....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABNT/NBR - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CE - Comissão Europeia  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CSS - *Cascading Style Sheets*  
DRX - Difração de raios X  
FRX - Fluorescência de raios X  
HTML - *HyperText Markup Language*  
IC - Índice de criticidade  
IParque – Parque Científico e Tecnológico  
IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas  
ISO - Organização Internacional de Normalização  
MEV – Microscopia eletrônica de varredura  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
NBR – Norma Brasileira  
PGRS – Plano Nacional para Gerenciamento de Resíduos Sólidos  
PHP – *Personal Home Page*  
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente  
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos  
RSI - Resíduos Sólidos Industriais  
SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados  
SINIMA – Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente  
SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos  
SINISA – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico  
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente  
SQL - *Structured Query Language*  
UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
WEB – *World Wide Web*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>24</b>
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS .....	24
<b>3.1.1 Classificação dos Resíduos Sólidos</b> .....	<b>26</b>
3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	28
<b>3.2.1 Gerenciamento de resíduos sólidos industriais</b> .....	<b>30</b>
3.3 VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS .....	32
3.4 SISTEMÁTICA CPQVA .....	34
<b>3.4.1 Critério C – Classificação</b> .....	<b>35</b>
<b>3.4.2 Critério P – Potencialidade</b> .....	<b>36</b>
<b>3.4.3 Critério Qv – Quantidade/Viabilidade</b> .....	<b>37</b>
<b>3.4.4 Critério A – Aplicabilidade</b> .....	<b>38</b>
<b>3.4.5 Índice de Criticidade – IC</b> .....	<b>38</b>
3.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO .....	41
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E DEFINIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS UTILIZADOS .....	45
<b>4.1.1 Critério C</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1.2 Critério P</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1.3 Critério Qv</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1.4 Critério A</b> .....	<b>49</b>
4.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE .....	49
<b>4.2.1 Análise do fluxograma geral do sistema</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2.2 Análise do fluxograma da sistemática</b> .....	<b>50</b>
<b>4.2.3 Programação do software</b> .....	<b>56</b>
<b>4.2.4 Criação do banco de dados</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2.5 Criação da ponte de relacionamento comercial</b> .....	<b>61</b>
<b>4.2.6 Criação do <i>layout da interface</i></b> .....	<b>61</b>
<b>4.2.7 Conexão do <i>layout</i> com o banco</b> .....	<b>62</b>

<b>4.2.8 Compilação na web.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.9 Testes de Implementação.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.10 Análise e documentação dos resultados.....</b>	<b>64</b>
<b>4.3 ESTUDOS DE CASO .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.1 – Estudo de caso: Casca cerâmica para validação do sistema .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.2 – Estudo de caso: Areia de fundição.....</b>	<b>64</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 INTERFACE GRÁFICA .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1.1 – Entrada do sistema .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1.2 – Acesso às ferramentas .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.3 – Cadastro: banco de dados .....</b>	<b>69</b>
5.1.3.1 – Cadastro: Mineralogia.....	70
5.1.3.3 – Cadastro: Agentes.....	72
5.1.3.4 – Cadastro: Localização .....	73
<b>5.1.4 – Cadastrar RSI.....</b>	<b>74</b>
<b>5.1.5 – Meus RSI .....</b>	<b>76</b>
<b>5.1.6 – Ponte de relacionamento: Classificados.....</b>	<b>77</b>
<b>5.2 BANCO DE DADOS DO SISTEMA.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.1 – Banco de dados principal.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.2 – Banco de dados secundário.....</b>	<b>82</b>
<b>5.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....</b>	<b>83</b>
<b>5.3.1 – Codificação de autenticação no sistema .....</b>	<b>83</b>
<b>5.3.2 – Codificação de acesso as ferramentas do sistema.....</b>	<b>84</b>
<b>5.3.3 – Lógica de programação cadastro RSI .....</b>	<b>85</b>
5.3.3.1 – Critério C.....	88
5.3.3.2 – Critério P.....	93
5.3.3.3 – Critério Qv.....	97
5.3.3.4 – Critério A.....	105
5.3.3.5 – Índice de criticidade (Ic).....	107
<b>5.3.4 – Exibição de cadastros da biblioteca.....</b>	<b>110</b>
<b>5.3.5 – Ferramenta Meus RSI.....</b>	<b>113</b>
<b>5.3.6 – Ferramenta Classificados.....</b>	<b>114</b>
<b>5.4 ESTUDOS DE CASO: VALORIZAÇÃO DO RSI NO SISTEMA.....</b>	<b>115</b>
<b>5.4.1 – Estudo de caso I: valorização do RSI casca de cerâmica .....</b>	<b>115</b>

5.4.1.1 – Resultados do Critério C.....	116
5.4.1.2 – Resultados do Critério P.....	117
5.4.1.3 – Resultados do Critério Qv.....	121
5.4.1.4 – Resultados do Critério A.....	126
5.4.1.5 – Índice de Criticidade RCC.....	128
<b>5.4.2 – Estudo de caso II: valorização do RSI areia de fundição.....</b>	<b>129</b>
5.4.2.1 – Resultados Critério C.....	130
5.4.2.2 – Resultados Critério P.....	131
5.4.2.3 – Resultados Critério Qv.....	133
5.4.2.4 – Resultados Critério A.....	136
5.4.2.5 – Índice de Criticidade ADF.....	138
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>142</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>145</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO I - IMPRESSÃO DO SISTEMA DA SISTEMÁTICA CPQVA WEB PARA O RESÍDUO CASCA CERÂMICA.....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO II - IMPRESSÃO DO SISTEMA DA SISTEMÁTICA CPQVA WEB PARA O RESÍDUO AREIA DE FUNDIÇÃO.....</b>	<b>160</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades industriais, de maneira geral, dependem dos recursos existentes no planeta para a produção de bens e serviços e para a obtenção de ganhos econômicos. Por outro lado, a volatilidade dos preços e risco do fornecimento apresentam uma influência direta sobre a competitividade das empresas. O aumento das atividades industriais, por sua vez, tem um impacto direto sobre o meio ambiente devido ao crescente aumento na geração de resíduos sólidos industriais (IPEA, 2012).

No Brasil, existe uma lei que regulamenta os Resíduos Sólidos Industriais (RSI). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por exemplo, instituída pela Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, exige uma solução tecnológica de recuperação, tratamento, preservação e valorização economicamente viável dos rejeitos sólidos industriais por meio de instrumentos gerenciáveis cabível a cada setor produtivo (LOPES, 2017). Há uma série de vantagens associadas à reutilização dos RSI, tais como a minimização de resíduos para a deposição final, maior flexibilidade dos aterros sanitários, menor impacto ambiental, economia energética e de recursos naturais.

Atualmente, há uma maior percepção por parte das empresas sobre a importância da adoção de uma gestão estratégica de inovação sustentável, a fim de atender aos condicionantes do mundo globalizado. A legislação e a própria sociedade vêm exigindo das organizações que a inovação em produtos, serviços, processos e modelos de negócios seja acompanhada pela responsabilidade com o desenvolvimento sustentável, para minimizar possíveis impactos negativos dos processos industriais (KNEIPP et al., 2018).

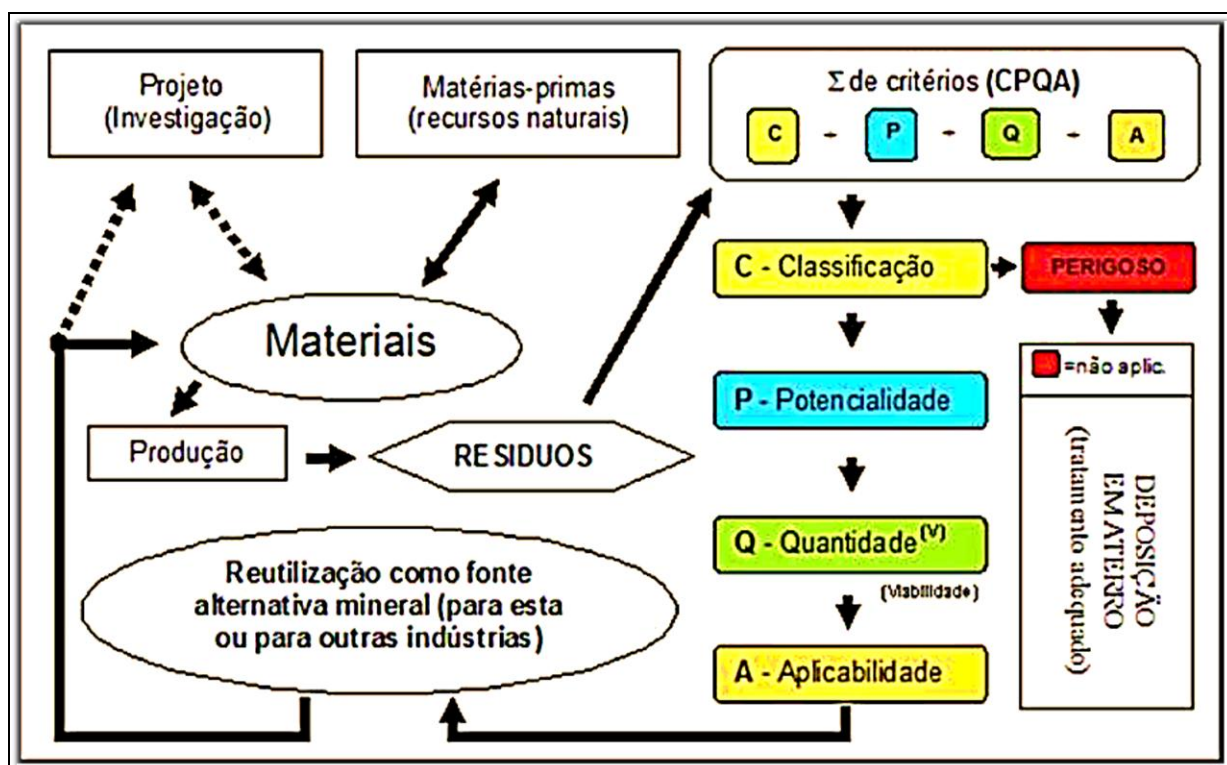
Vale ressaltar o colapso do tradicional modelo linear de economia que pouco estima a geração de serviços e produtos mais duráveis e de melhor qualidade. Um dos caminhos para se enfrentar este desafio é por meio de um modelo econômico circular, que busca aprimorar o capital natural, otimizando riscos sistêmicos, como a administração de estoques finitos e fluxo de recursos renováveis e, conseqüentemente, a utilização de resíduos como fonte de matérias-primas (EMF, 2017).

A transição entre o modelo tradicional e o modelo econômico circular pode ser feita por meio de modelos de negócios que vão de encontro aos objetivos do modelo circular. Um exemplo é a simbiose industrial (TAVARES, 2018). A origem da

nomenclatura simbiose está na ecologia, que é utilizada para denominar a associação benéfica e recíproca entre dois ou mais seres vivos de espécies diferentes. Com isso, esse modelo pode ser definido como um arranjo produtivo em que indústrias diferentes podem trocar produtos, resíduos e insumos entre si, melhorando desta forma o desempenho ambiental, social e econômico das mesmas, frente às suas atuações individuais (VEIGA, 2007).

Raupp-Pereira (2006) sistematizou uma estratégia para a valorização de resíduos sólidos industriais, fundamentada nos critérios de Classificação, Potencialidade, Quantidade de viabilidade e Aplicabilidade (CPQvA), conforme representada na Figura 1.

Figura 1 - Sistemática para valorização de resíduos (CPQvA, de forma abreviada).



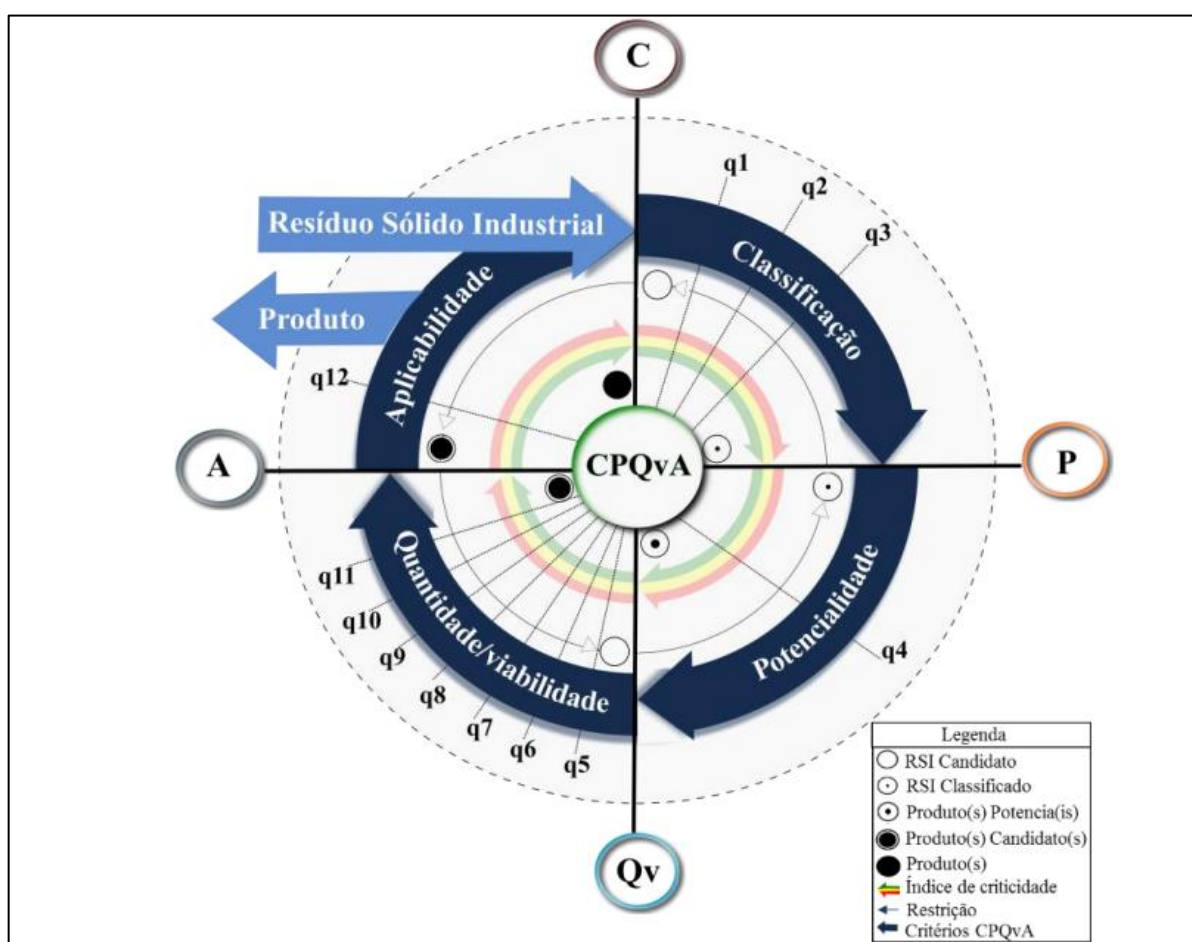
Fonte: RAUPP-PEREIRA, 2006.

De acordo com o ilustrado na Figura 1, o resíduo poderá ser valorizado mediante a: (i) classificação legislativa quanto à periculosidade (critério “C”); (ii) ter identificada a potencialidade do resíduo (critério “P”), e avaliado a quantidade, a disponibilidade e a homogeneidade da fonte geradora (critério “Qv”), de modo a propor

ao fim uma aplicação (critério “A”), viável ao resíduo, como um novo produto (RAUPP-PEREIRA, 2006).

Criada inicialmente para aderir às demais classes dos resíduos, o CPQvA foi ainda aperfeiçoado por Oliveira (2017), que, por meio de uma representação circular, criou uma memória gráfica quanto ao processo de valorização, apontando para um melhor enquadramento de avaliação de RSI. Neste caso, como mostrado na Figura 2, as ações de cada critério foram transformadas em questionamentos ( $q_n$ ), que ao serem respondidos auxiliam o decisor quanto ao caminho a ser seguido para a valorização. O resultado dessa avaliação gera um índice de criticidade ( $I_c$ ) para cada critério e para a proposta de valorização como um todo (CPQvA).

Figura 2 - Representação circular da sistemática CPQvA de valorização de Resíduos Sólidos Industriais (RSI).



Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Fundamental ao desenvolvimento sustentável, a valorização de RSI ainda é tratada na literatura de forma incompleta para respaldar uma estratégia viável para o efetivo uso dos RSI como materiais de interesse nas indústrias. Embora os critérios fundamentais a serem observados tenham sido criados por Raupp-Pereira (2006), e aperfeiçoados por Oliveira (2017), torna-se imprescindível assimilar esses recursos cada vez mais de forma sistêmica. Além disso, o volume de dados gerados por diversos trabalhos presentes na literatura de RSI tem se tornado um complicador na síntese de resultados precisos e conclusivos, já que muitas vezes, há uma caracterização do resíduo, mas não uma avaliação da sua potencialidade, ou uma excelente potencialidade, mas sem uma viabilidade entre outros casos.

Neste sentido, o auxílio de tecnologias de sistemas de informação na manipulação de informações tem contribuído em diversas áreas no avanço de pesquisas acadêmicas e industriais, e pode ajudar no desenvolvimento desta área a partir da especificação sequencial dos critérios, criados na sistemática CPQvA.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta computacional em sistemas de informação capaz de facilitar a gestão e o planejamento de atividades ligadas às áreas de geração e/ou destinação de RSI por meio da aplicação dos critérios CPQvA. Torna-se um auxiliador à tomada de decisão para valorização do RSI, posicionando uma visão crítica ao decisor para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, soluções de forma consistente e efetiva sobre estudos realizados ao sistema de informação. Os resultados obtidos por meio das avaliações dos questionamentos de cada critério apresentam um material de interesse tecnológico, sendo disposto a um novo ciclo de produção inserido no cenário da economia circular.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta em sistema de tecnologia da informação, capaz de facilitar a gestão e o planejamento de atividades ligadas às áreas de geração e/ou tratamento de RSI por meio da aplicação dos critérios CPQvA e de conhecimentos multidisciplinares, que se baseiam em técnicas de engenharia, ciências da computação, princípios de economia, das ciências sociais e das tecnologias de planejamento urbano e regional.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver ferramentas que identifiquem as informações de cada critério CPQvA por meio lógica computacional;

Organizar e gerenciar os resíduos cadastrados e valorizados mediante a sistemática CPQvA no sistema;

Criar uma ponte de relacionamentos entre geradores e receptores de RSI.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

A PNRS define resíduos sólidos industriais como aqueles que são produzidos nos processos de produção em instalações industriais. Inclui-se também nestes resíduos, uma grande quantidade de material perigoso, que necessita de tratamento devido ao seu alto potencial de impacto ambiental (PNRS, 2011).

De acordo com a Resolução Conama sobre definição do resíduo sólido industrial, tudo que é resultante de atividades industriais e se encontra em estado sólido e semissólido, cuja particularidades tornem inviável ao seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, exija-se para isto soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (CONAMA, 2002).

Segundo Oliveira (2017), existem no Brasil padrões de avaliação da periculosidade, que são regidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004/2004, norma fundamentada e denominado *Code of Federal Regulation (CFR) – Title 40 – Protection of environmental - Hazardous waste management*, fazendo parte do regulamento técnico federal norte-americano, com princípio semelhante à diretiva nº 98/2008 da Comissão Europeia (CE).

Apesar da PNRS indicar que todos os estados devem inventariar os resíduos sólidos industriais gerados, buscas realizadas na literatura encontraram apenas dados do ano de 2012 publicados no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012). De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que mais de 97 mil toneladas de resíduos sólidos industriais são gerados no Brasil anualmente.

Tabela 1 - Dados de geração de RSIs no Brasil em toneladas.

UF	Perigosos	Não perigosos	Total
AC	5.500	112.765	118.265
AP	14.341	73.211	87.552
CE	115.238	393.831	509.069
GO	1.044.947	12.657.326	13.702.273
MT	46.298	3.448.856	3.495.154
MG	828.183	14.337.011	15.165.194
PB	657	6.128.750	6.129.407
PE	81.583	7.267.930	7.349.513
PR	634.543	15.106.393	15.740.936
RN	3.363	1.543.450	1.546.813
RS	182.170	946.900	1.129.070
RJ	293.953	5.768.562	6.062.515
SP	535.615	26.084.062	26.619.677
<b>Total</b>	<b>3.786.391</b>	<b>93.869.046</b>	<b>97.655.438</b>

Fonte: IPEA, 2012.

Dados mais recentes foram encontrados para o Estado de Santa Catarina. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina - PERS/SC, publicado em julho de 2018, mostra estimativas da geração de RSI no estado. As estimativas mostram que no ano de 2019 provavelmente foram gerados 5.546.775,58 toneladas de resíduos sólidos industriais no estado. A estimativa mostra ainda que poderá ocorrer um aumento de 58% na geração de RSI até 2038. Mediante estas estimativas, foram elaboradas diretrizes e metas a serem informadas ao PERS/SC, embasadas por propostas e ações governamentais necessárias ao atendimento das políticas nacional e estadual, em consonância com a necessária interlocução entre os entes federados, possibilitando a definição de ações estratégicas (PERS/SC, 2018).

Quanto às ações estratégicas do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina (PERS/SC, 2018), tem como diretriz solucionar a:

(i) Erradicação da destinação final inadequada dos resíduos industriais no meio ambiente, por meio de metas ao fomento à pesquisa e desenvolvimento e encaminhamento correto de RSI;

(ii) Atualizar o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas indústrias, criando incentivos ao financiamento do reaproveitamento de RSI, apoiando programas de economia circular e acompanhar implementações efetivas dos planos de gerenciamento de resíduos.

O resultado destas ações irá minimizar os resíduos descartados em aterros, contribuindo à criação de uma estruturação no controle ambiental, por meio de financiamento, dando condições na adesão de um sistema de gerenciamento em RSI para as empresas (PERS/SC, 2018).

### **3.1.1 Classificação dos Resíduos Sólidos**

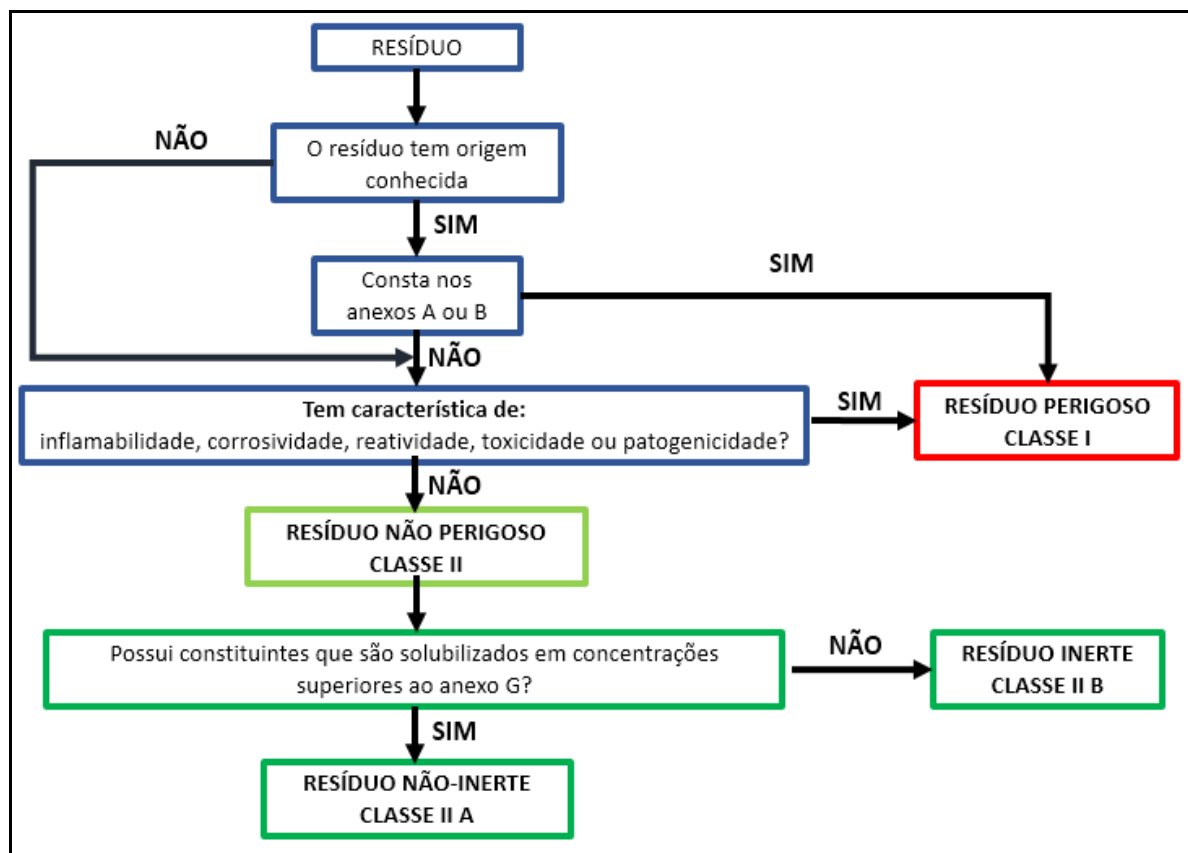
Resíduos Sólidos Industriais (RSI) são aqueles gerados pelas diversas atividades industriais, podendo apresentar características muito distintas. A classificação dos resíduos sólidos gerados em uma determinada atividade é o primeiro passo para estruturar um plano de gestão adequado. A partir da classificação, foram definidas as etapas de coleta, armazenagem, transporte, manipulação e destinação final, de acordo com cada tipo de resíduo gerado. Na ausência de uma PNRS, as normas técnicas (NBRs) relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos, publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são as regulamentações amplamente adotadas no Brasil (KNEIPP et al., 2018).

Segundo a Norma NBR 10.004 (2004) para classificação, RSI são os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Em concordância com Oliveira (2017), a norma estabelece os critérios de classificação e os códigos para a identificação da atividade de origem, constituintes e características específicas que conferem periculosidade ao resíduo, a periculosidade é definida mediante a comparação das características de riscos e impactos conhecidos do processo de origem e/ou constituintes presentes no resíduo.

Os resíduos são classificados em dois grupos: Classe I - Resíduos Perigosos e Classe II - Não Perigosos, com duas subdivisões: Classe II A para os resíduos não inertes e Classe II B para os resíduos inertes, conforme apresentado na Figura 3 (OLIVEIRA, 2017).

Figura 3 – Adaptação do Fluxograma das etapas referentes à classificação de resíduos de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004.



Fonte: Do Autor, 2022.

Conforme ABNT (2004), existem na NBR 10.004 algumas classificações desses resíduos que os diferenciam:

(i) Resíduos Classe I – Perigosos: apresentam características de toxicidade, patogenicidade, periculosidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade. Essas podem ser prejudiciais para a saúde pública e podem ter risco de doenças e risco de mortalidade se esses forem gerenciados de forma inadequada;

(ii) Resíduos Classe II – Não perigosos;

(iii) Resíduos Classe II A – Não inertes: tem características como combustibilidade, solubilidade em água e biodegradabilidade;

(iv) Resíduos Classe II B – Inertes: são aqueles que quando colocados em contato estático ou dinâmico com a água a temperatura ambiente não muda a potabilidade da água.

Os instrumentos de implantação são importantes para a construção de uma base que futuramente poderá contribuir com modelos econômicos mais sustentáveis

que valorizem resíduos, potencializando a sua utilização em novos processos produtivos. Entre os instrumentos da PNRS que são importantes para a sua implantação são citados os planos de gestão de resíduos, o sistema de informação, os mecanismos de logística reversa, a coleta seletiva, os acordos setoriais e os instrumentos econômico-financeiros (MELLO et al., 2016).

### 3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os instrumentos importantes, conforme a Lei nº 12.305/10, que institui a PNRS (PNRS) são bastante atuais e permitem o avanço necessário ao país, no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, sendo aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, podendo ser reciclado ou reutilizado (PNRS, 2011).

Os municípios devem criar um Plano Municipal de Gestão integrada de resíduos, englobando planejamento e coordenação da coleta, transporte, armazenamento temporário, tratamento e disposição final. Esse plano deve considerar os aspectos ambientais, econômicos, políticos, culturais e sociais envolvidos (PNRS, 2011). A logística reversa tem feito parte do plano municipal e recebido atenção no aspecto ambiental na gestão de resíduos industriais, com objetivo em estabelecer mecanismos de articulação para melhorar o reaproveitamento ou destinação adequada (FILHO et al., 2015).

Além disso, logística reversa, perante ao que está na lei n. 12.305 de 2010, institui a PNRS, estabelece e caracteriza um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. O acordo setorial, estabelecido também como instrumento legal dessa lei, estabelece as condições para a criação e a expansão de mecanismos de logística reversa no país (PNRS, 2011).

Um dos acordos aplicados foi a implementação do sistema de logística reversa de embalagens plásticas de óleo lubrificante, assinado no dia 19/12/2012 e

que teve seu extrato publicado no D.O.U de 07/02/2013. Ele tem como objetivo garantir a destinação final ambientalmente adequada das embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes de um litro ou menos. Trata-se do primeiro sistema informatizado de logística reversa, instrumento de lei chamado Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), instituído nos termos da PNRS (MMA, 2010).

O SINIR (2010), um instrumento ancorado na PNRS instituída pela Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010, uma estrutura com dados preenchidos e atualizados pelas indústrias, informa-se a origem, transporte e destinação final dos resíduos. Tornando-se parte fundamental ao esforço do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos no Brasil e sendo uma ferramenta importante para todas as etapas do processo. O uso de indicadores estruturados permite um diagnóstico efetivo, e as métricas para acompanhamento de metas devem ser rastreadas em séries históricas, permitindo avaliação da gestão dentro das exigências da lei (MMA, 2010).

O inventário de resíduos industriais, constituída anteriormente a PNRS, instaurado pela Resolução CONAMA 313 de 29 de outubro de 2002, instrumento que compõe um conjunto de informações registradas pelas indústrias, auxilia na política de gestão de resíduos, identifica sobre a geração da companhia, como características, armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final dos resíduos gerados. Este instrumento dá suporte ao PGRS e aos programas estaduais. Foi criado visando a normalização e legalização dos processos industriais, por meio de registro das informações acerca dos resíduos gerados pelas indústrias, evitando assim desvios e irregularidades, como despejo de esgoto fora dos padrões de enquadramento em corpos d'água, disposição de resíduos em locais inadequados e demais atos que culminam na poluição ambiental (CONAMA, 2002).

A resolução CONAMA (2002) permite que os estados possam de tal maneira ampliar quanto limitar a listagem de tipologias industriais obrigadas a executar um padrão de inventário de resíduo, a derivar das especificidades e características estaduais, desde que as informações sobre as tipologias industriais incluídas sejam devidamente repassadas ao instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis.

Conforme análise sobre os inventários de RSI, publicado em 2012, estudo refere-se ao instituto de pesquisa econômica aplicada (IPEA), prova que a

desatualização de informações e a falta de padronização nacional, na apresentação dos dados sobre os resíduos, dificultam a consolidação da quantidade de resíduos que são gerados por tipologia, sendo que somente dez estados brasileiros possuem dados disponíveis (desatualizados) sobre inventários de resíduos. Isto limita e fragiliza um sistema que existe para otimizar e desenvolver novas oportunidades de mercado (IPEA, 2012).

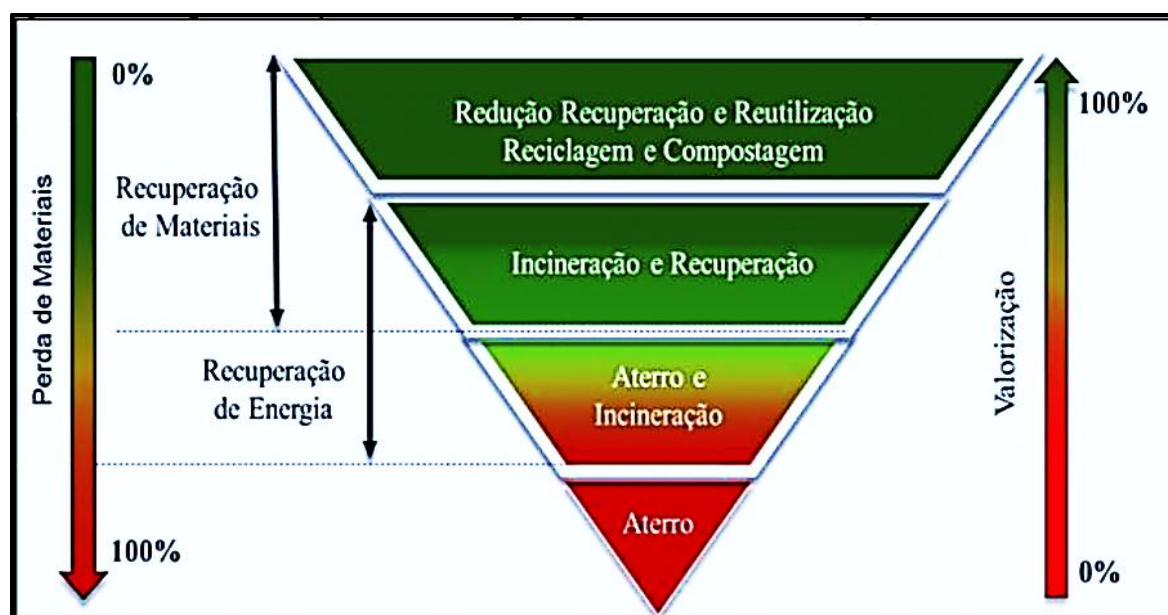
As ações de gestão do RSI de cada país são fundamentalmente similares; no entanto, estas não repercutem com a mesma eficácia. Conforme discutido anteriormente, a legislação sobre resíduos no Brasil é recente e a responsabilidade social, econômica e ambiental ainda é imprecisa. Por mais que tenha legislado sobre a temática e se conheça as diretrizes a serem seguidas, exemplos de ações vivenciadas em outros países, caminhamos a passos lentos rumo à implementação de sistemas de gestão para RSI. Atualmente as ações no país são concentradas na implementação de medidas para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU), por meio de planos municipais de gestão. Com um impacto social grande, acaba por mascarar o problema gerado pelo RSI quando comparados. Além disso, os sistemas de gestão para RSU são muito bem consolidados, com coleta seletiva, triagem e destinação, seja ela: reciclagem, incineração, aterro sanitário ou compostagem para resíduos orgânicos (OLIVEIRA, 2017).

### **3.2.1 Gerenciamento de resíduos sólidos industriais**

A principal diretriz da PNRS para os RSI é a eliminação completa dos resíduos industriais destinados de maneira inadequada ao meio ambiente. Dessa forma, todas as empresas industriais geradoras de resíduos sólidos (perigosos e não perigosos) precisam elaborar seus planos de gerenciamento de resíduos, seguindo a ordem de priorização estabelecida pela PNRS em seu Artigo 9º (PNRS, 2011).

De acordo com Oliveira (2017), o gerenciamento de RSI possui como alicerce a hierarquia da gestão de resíduo da diretiva-quadro resíduos da União Europeia. Ao contrário de muitos sistemas em que se almeja o topo do processo para a eficiência, o gerenciamento de RSI tem seu êxito na consolidação das ações presentes na base da pirâmide, conforme mostra a Figura 4 (adaptação da representação gráfica da pirâmide hierárquica original).

Figura 4 - Representação da hierarquia para as medidas de gerenciamento de RSI.



Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Ao analisar a Figura 4, à medida que as ações se distanciam da base ocorre a perda de materiais e conseqüentemente menor é a valorização. A base da pirâmide, alicerce do gerenciamento, consiste no Princípio dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar). De acordo com esse princípio, o gerenciamento de RSI deve primeiramente evitar (i) a geração (redução), de modo preventivo por meio da otimização de processos e matéria-prima. Posteriormente recomenda-se o (ii) prolongamento da vida útil do resíduo, por meio da reutilização no próprio processo ou (iii) por meio da valorização, diante da potencialidade inerente de cada material. Somente quando é inviável, recomenda-se a recuperação energética por meio da incineração, e ao fim a eliminação segura em aterros (OLIVEIRA, 2017).

Além desta visão em redução da quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final, os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deverão ter metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, devendo também ser adotadas medidas para a redução do volume e da periculosidade dos resíduos sob sua responsabilidade, bem como aperfeiçoar o seu gerenciamento (PNRS, 2011).

A valorização dos RSIs é realizada, em sua maioria, para materiais ditos como recicláveis. Esta categoria de resíduo (plástico, sucata metálica e papel),

embora gerado também na indústria, tem características e composições similares aos RSUs. Ainda há escassez de soluções de engenharia para a devida valorização de resíduos tipicamente industriais. Os motivos, de acordo com Oliveira (2017), são fatores como o grau de periculosidade, além da cultura de tratar os resíduos como material de descarte que ainda prevalece nas indústrias. Infelizmente, em termos econômicos, a eliminação dos RSIs em aterros ainda é uma alternativa mais viável para a maioria dos casos.

### 3.3 VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

O conceito conhecido como valorização dos resíduos sólidos se deu ao longo dos anos por meio dos processos de evolução e modernização, com perspectiva de problemas e riscos. Assim, a definição inicial de padrões e normas e a pressão popular associada ao aperfeiçoamento da legislação, as empresas começam a se integrar nas questões ambientais como estratégia de negócio. Deste modo, as mesmas priorizaram por ações proativas usadas como estratégia competitiva, criando um novo segmento de mercado e, conseqüentemente, um aumento no lucro e redução nos custos de produção (PAIXÃO et al., 2011).

Em concordância com Paixão et al. (2011), a escassez dos recursos naturais, há necessidade da criação de novas estratégias de desenvolvimento. Estas podem incluir a difusão de tecnologias, adequações de modelos de negócios, diminuição no consumo de recursos naturais e, por fim, a utilização de RSI como matéria-prima alternativa, que os processos produtivos e produtos possam ser mais eficientes e duradouros.

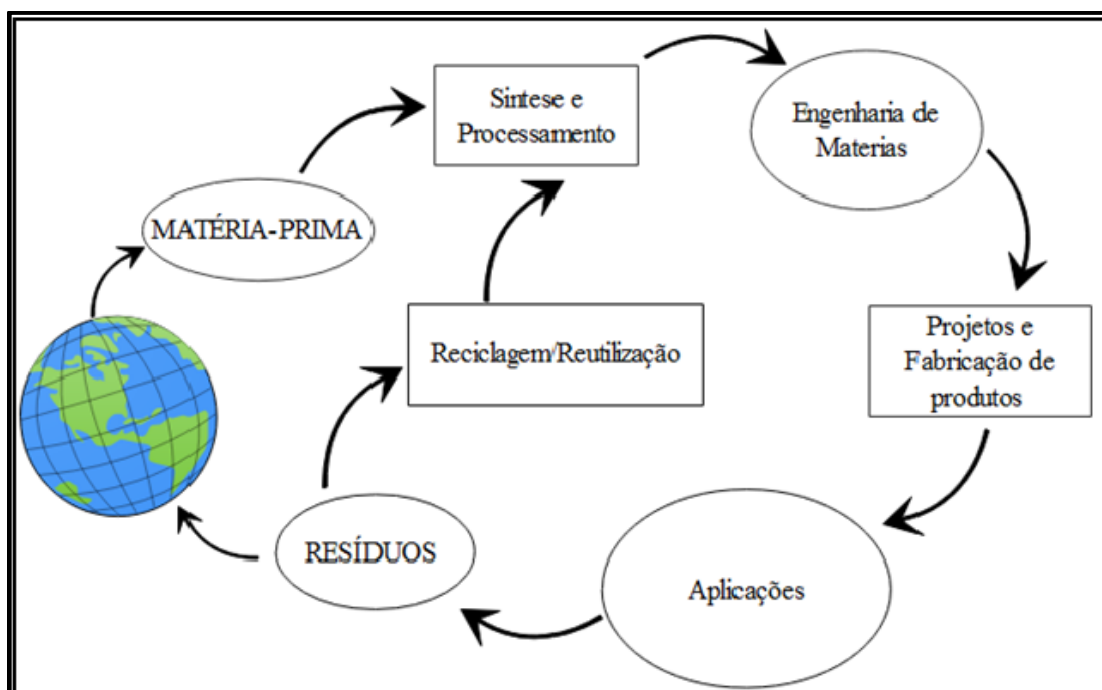
Neste sentido, a economia circular pode ser vista como uma alternativa à abordagem atual de economia linear, na qual os recursos são usados para um propósito específico dentro da cadeia produtiva, sendo descartados ao longo do processo industrial ou ao final do ciclo de vida do produto pelo consumidor. O sistema de produção circular é um conceito que a ideia de "desperdício" passa a ser relativizada, já que, em sua proposta, o que hoje se descarta e na maioria das vezes é desperdiçado na forma de resíduo, passa a ser reinserido em um novo ciclo de produção, recebendo agregação de valor. Pode-se apontar que o novo modelo prevê que os materiais sejam elaborados para circular de forma eficiente por toda a cadeia produtiva. Incluindo-se aqui o consumo, os produtos podem ser divididos em dois

grupos: os biológicos, projetados para serem reinseridos na natureza, e os técnicos, que necessitam de investimentos em inovação para serem desmontados e recuperados (BARBOZA et al., 2019).

De acordo com Azevedo (2017), a economia circular proporciona oportunidades de mais inovação e criação de valor, tendo como princípios preservar e aprimorar o capital natural controlando os fluxos de recursos renováveis, otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico e estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio.

Outra vertente, dentro do ciclo dos materiais, que visa uma solução aos desafios de sustentabilidade, no que se refere à gestão de resíduos e escassez de recursos, diz que os componentes de um produto podem ser reutilizados no desenvolvimento de novos produtos, reciclados ou devolvidos ao meio ambiente (CALLISTER, 2009). A Figura 5 apresenta um esquema do fluxo dos materiais segundo definido por *Callister*.

Figura 5 - Representação circular para fluxos de materiais e matérias-primas de acordo com Callister.



Fonte: CALLISTER, 2009.

De acordo com Oliveira (2017), para que o resíduo industrial seja considerado uma matéria-prima passível de ser utilizada em outra atividade industrial, é necessário tempo, inovação, dinheiro, planejamento e flexibilização entre os diferentes setores da economia.

Outras vertentes que tratam a reutilização de resíduos é a chamada ecologia ou simbiose industrial. A simbiose industrial estuda a relação entre organizações, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global, tendo como principal intuito a redução da demanda por matérias-primas, água e energia e a devolução de resíduos à natureza, de tal forma que os resíduos ou subprodutos de um processo possam servir como matéria-prima a outro. Com essa abordagem, os limites de uma empresa se estendem até o meio ambiente, exigindo que produtos e resíduos sejam desenvolvidos e compartilhados por diferentes indústrias. Um dos aspectos críticos desse novo conceito é, portanto, a implementação de uma efetiva rede de cooperação entre as empresas (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

Considera-se que, por mais que os processos de combate à poluição se aperfeiçoem, sempre haverá necessidade de matérias-primas e sempre haverá geração de resíduos ou subprodutos. A integração adequada de diferentes empresas, de forma que resíduos e subprodutos gerados sirvam de matérias-primas para outras empresas, reduziria a devolução de materiais à natureza. Da mesma forma, a utilização de resíduos e subprodutos gerados servindo como matérias-primas reduziria a demanda por novos recursos naturais (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

No entanto, para a efetiva utilização do RSI como matéria-prima alternativa, deve haver instrumentos governamentais que regulamentem com clareza e forneçam incentivo político-legal e subsídios à valorização, além de exigência de reciclagem, de uso de tecnologias de controle da poluição e de ajustes de preços para tornar os arranjos simbióticos economicamente viáveis (OLIVEIRA, 2017).

### 3.4 SISTEMÁTICA CPQvA

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, visa a compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e o desenvolvimento de tecnologias orientadas para

o uso racional, preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente (PNMA, 1981).

Com base nas leis que regulamentam os RSIs, foi desenvolvida uma estruturação para o processo de tomada de decisão em lógica multicritério, chamada CPQvA. Esta sistemática foi desenvolvida por Raupp-Pereira (2006) e aperfeiçoada por Oliveira (2017), que identificou a necessidade de adicionar o índice de criticidade (Ic), uma ferramenta de critérios para a tomada de decisão na valorização do RSI.

Desse modo, os critérios para serem utilizados na valorização devem relacionar os aspectos e cenários que interferem no processo decisório da valorização, por meio do CPQvA (já mostrados na Figura 1). Raupp-Pereira (2006) sintetizou em quatro critérios (C – Classificação; P – Potencialidade; QV – Quantidade viabilidade e A – Aplicabilidade), os aspectos e o cenário fundamental para a valorização de RSI, estabelecendo, por meio de uma estrutura sistêmica, as correlações e flexibilizações necessárias para situações distintas de avaliação aplicadas a resíduos. Outros autores também estabeleceram essa necessidade, porém não com uma ordenação em uma estrutura característica do CPQvA (OLIVEIRA, 2017).

### **3.4.1 Critério C – Classificação**

A classificação, a caracterização e os tipos de resíduos são definidos de acordo com a norma NBR 10004/04 da ABNT. A classificação atende a legislação vigente referente aos resíduos sólidos, segmentados em categorias, na qual cada categoria apresenta um quadro de riscos potenciais para o meio ambiente e a saúde pública. Nesse sentido, a caracterização consiste nos aspectos físico-químicos, biológicos, qualitativo e/ou quantitativo, por intermédio de amostras representativas do RSI (ABNT, 2004). A norma da ABNT NBR 10.007/2004 estabelece os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos, que estes podem auxiliar o decisor na escolha da melhor representatividade do RSI. Dependendo do tipo de indústria e da sazonalidade dos seus resíduos, um tipo de amostragem pode ser selecionado.

O fluxograma da Figura 3 pode auxiliar neste processo. De acordo com a caracterização dos resíduos, são classificados como Classe I as amostras que apresentam características de índice perigoso, podendo ter inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade ou um dos constituintes do RSI

constar em um dos anexos da norma. O resíduo Classe II – A é considerado não perigoso e não inerte. Neste caso, os resíduos apresentam características de solubilidade e/ou lixiviam elementos perigosos, conforme estabelecem, respectivamente, as normas NBR 10.006/2004 e NBR 10.0005/2004. Por outro lado, um resíduo Classe II – B é considerado não perigoso e inerte, e não apresentam riscos ou reatividade com o meio (ABNT, 2004).

Oliveira (2017) destaca que a característica do resíduo, quanto ao grau de periculosidade ou reatividade, não inviabiliza sua utilização. Aos RSI Classe I e Classe II – A, devem ser seguidas medidas de gerenciamento que levem em consideração os cuidados necessários e exigências legais quanto ao manuseio, armazenamento e transporte dos mesmos. Vale salientar que as classes como Classe II – B não requerem cuidados especiais.

Seguindo a sistemática de Oliveira (2017) e Raupp-Pereira (2006), o fluxo sequencial de entrada até a saída denomina-se o RSI está classificado, conforme procedimento do conjunto que compõe o Critério C. O RSI passa por uma ação em busca da legislação que o regulamenta, observando questionamentos que impeçam sua valorização. Assim, passa a estabelecer uma amostra representativa, determinando a classe do RSI, tornando um resíduo classificado.

### **3.4.2 Critério P – Potencialidade**

O critério P consiste em determinar as características mais importantes dos resíduos para que seja possível identificar sua potencialidade. A composição química e mineralógica do RSI classificado na entrada, por exemplo, é de suma importância. Utiliza-se resultados de análises realizadas com ferramentas como a espectroscopia de fluorescência de raios-X (FRX), espectroscopia de absorção atômica, espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X, espectroscopia de infravermelho (FTIR) e Difração de raios-X (DRX), de acordo com a natureza do RSI para identificar sua potencialidade. Por meio da literatura, por meio das características composicionais do RSI e faixas de variabilidade, pode-se indicar potenciais produtos possíveis de valorização. Alguns fatores devem ser levados em consideração pelo decisor para avaliar se a composição do RSI classificado restringe a potencialidade de aplicações do mesmo. A presença de elementos considerados nocivos e banidos

dos processos de fabricação e da composição de manufaturados, deve ser observada como uma restrição à potencialidade de aplicação do RSI (OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Oliveira (2017), a presença de elementos nocivos é definida pela NBR 10.004. Como descrito, não inviabiliza a valorização, sendo apenas considerada com um grau de dificuldade elevado para o critério P, observado pelo decisor sobre seu interesse econômico na composição do resíduo. Isto ocorre pois, quando a matéria-prima natural é disponível a baixo custo, o interesse na valorização é diminuído. Desse modo, como saída do processo do critério P, pode haver um ou mais resultados, isto é, produtos potenciais.

### **3.4.3 Critério Qv – Quantidade/Viabilidade**

A primeira ação do critério Qv consiste em identificar a sazonalidade do processo produtivo, conhecer a variação composicional do mesmo e verificar se esta compromete algum(ns) produto(s) potencial(is). Por outro lado, a segunda ação é avaliar o limite de tolerância, de forma a estabelecer uma possível restrição composicional imposta pela seleção de produto(s) potencial(is). A adequação do gerenciamento do RSI pela empresa geradora é a terceira ação deste processo (OLIVEIRA, 2017).

Assim, pode-se determinar a quarta ação do critério por intermédio de adequações necessárias à empresa receptora do resíduo, sendo alterações, como contratação ou treinamento de mão-de-obra, equipamentos e tecnologias para transformação e processamento do RSI, podem ser necessárias na gestão produtiva da empresa receptora. Operações preliminares, como, por exemplo, secagem, moagem, retirada de impurezas e outros, poderão ser realizadas (OLIVEIRA, 2017).

Desse modo, a relação entre as empresas determinará as adequações necessárias para as duas unidades industriais (geradora e receptora do RSI). A avaliação ambiental pode ser realizada utilizando ferramentas como, por exemplo, Análise de Ciclo de Vida (ACV), Análise de Fluxo de Materiais (AFM) e Energia Incorporada. O valor econômico dependerá da demanda, oferta e procura e a relação entre os custos que por ventura possam ocorrer na adequação das empresas. Após as análises apropriadas, o decisor deve refletir se as alterações necessárias são viáveis, em termos de aspectos econômicos e ambientais, para uma tomada de decisão (OLIVEIRA, 2017).

Não havendo alterações na valorização do RSI, a quinta ação implicará na busca por leis, normativas e licenças ambientais, necessárias para a utilização do RSI, como a ABNT NBR 13.221/2003 para transporte terrestre de resíduos ou, decreto nº 96044/1988 para transporte rodoviário de produtos perigosos, licenças de operação (LO) das fundações municipais e estaduais de meio ambiente.

A sexta ação consiste em encontrar legislação que regulamenta os produtos potenciais. Ou seja, caso o produto seja regulamentado, avaliar a exigência de impedimentos legais para a sua valorização. Posteriormente, a sétima e última ação visa conhecer a quantidade de produção e mercado consumidor dos produtos potenciais. Dados quantitativos (massa e/ou volume) de geração do RSI, assim como de interesse e aceitação da fonte geradora e receptora, são fundamentais para a análise deste critério. Após considerar todas as ações do critério Qv, os produtos potenciais (entrada) passam a ser considerados produtos candidatos à aplicação (saída) (OLIVEIRA, 2017).

#### **3.4.4 Critério A – Aplicabilidade**

O critério A consiste em avaliar o desempenho do(s) produto(s) candidato(s). O desempenho deve ser comparado com produtos comerciais, a fim de verificar se o produto candidato atende às exigências, normas e requisitos do mercado consumidor, estando atrelada à inertização de algum constituinte que configure ao resíduo um risco ou reatividade com o meio. Como descrito no critério C, a periculosidade não inviabiliza a valorização do RSI, mas essa deve ser avaliada no produto final, de modo que o produto não venha a conferir nenhum perigo ao homem e meio ambiente (OLIVEIRA, 2017).

#### **3.4.5 Índice de Criticidade – IC**

A sistemática CPQvA, desenvolvida por Raupp-Pereira (2006), demonstra critérios sistemáticos que são avaliados e determinados quanto ao nível de dificuldade em valorizar o RSI. Para regulamentação destes níveis de dificuldade, Oliveira (2017) adicionou na sistemática CPQvA o índice de criticidade (Ic). Este índice transformou as ações de avaliação em questionamentos ( $q_n$ ), que auxiliam na tomada de decisão quanto ao caminho para a valorização do RSI em análise. Os resultados destes

questionamentos ( $q_n$ ) definem o índice de criticidade ( $I_c$ ), que pode ser para cada critério em parcial para toda sistemática CPQvA.

Para Oliveira (2017), os questionamentos representam a exigência legal ao RSI, respondidos por meio de avaliação por ferramentas legais ou normativas. O questionamento com maior nível de importância expressa o maior peso de avaliação (peso 10). Os questionamentos respondidos por meio de ferramentas legais ou normativas, mas não são obrigatórias, foram avaliadas como diretrizes recebendo um peso menor (peso 8). Quando não há uma exigência, norma ou legislação, considera-se a atribuição de peso 6. Para muitos destes questionamentos, o decisor deve procurar utilizar ferramentas técnico-científicas como meio de fundamentação das respostas.

A Tabela 2 apresenta os questionamentos e os respectivos pesos da sistemática CPQvA elaborados por Oliveira (2017).

Tabela 2 - Questionamentos que compõem a sistemática, de acordo com cada critério e seus respectivos pesos (assim fixados de q1 – q12).

<b>Critério</b>	<b>Questionamentos (q)</b>		<b>Pesos</b>
<b>C</b>	q1	Há legislação que restrinja a valorização do RSI?	10
	q2	Qual a dificuldade em estabelecer uma amostra representativa do RSI?	8
	q3	Qual a classe ambiental – legislativa do RSI?	10
Somatório das questões da Classificação ( $\Sigma qC$ )			28
<b>P</b>	q4	A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações?	10
Somatório questões da Potencialidade ( $\Sigma qP$ )			10
<b>QV</b>	q5	A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial (is)?	6
	q6	Há algum elemento que configure limite de tolerância no(s) produto(s) potencia(is)?	8
	q7	Há necessidade adequação do gerenciamento para geradora do RSI?	6
	q8	Há necessidade de adequação do gerenciamento para a receptora do RSI?	6
	q9	Há legislação que regulamenta o(s) produto(s) ou restrinja o uso do RSI?	10

	q10	A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do(s) produto(s) candidato(s)?	10
	q11	Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o(s) produto(s) candidato(s)?	6
Somatório das questões de Quantidade/viabilidade ( $\Sigma qQv$ )			52
<b>A</b>	q12	O desempenho do(s) produto(s) atende as exigências de mercado?	10
Somatório das questões Aplicabilidade ( $\Sigma qA$ )			10

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Além disso, os questionamentos apresentam respostas quantitativas com base em um julgamento qualitativo quanto ao nível de dificuldade em estabelecer a valorização, conforme mostra na Tabela 3 (OLIVEIRA, 2017).

Tabela 3 - Valores atribuídos aos níveis de dificuldade para estabelecer respostas (R) aos questionamentos sistêmicos fixados (q1 – q12).

Valores	Julgamento qualitativo
0	Baixa
5	Média
10	Alta

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Por outro lado, pelo julgamento da resposta, Oliveira (2017) apresenta valores para os três níveis com base nos resultados dos questionamentos ( $q_n$ ); assim, têm-se o índice de criticidade ( $I_c$ ). Pela fórmula do índice de criticidade ( $I_c$ ), calcula-se a razão entre a somatória do produto dos questionamentos ( $q_n$ ) e respostas ( $R_n$ ) e somatório dos questionamentos. A equação somatória está mostrada na Equação 1.

$$I_c = \frac{\Sigma(q_n \times R_n)}{\Sigma q} \quad (1)$$

O valor resultante do índice de criticidade irá variar em uma escala numérica de 0 a 10, tanto parcial ou quanto total à sistemática. A escala numérica poderá ser representada em escala de cores, que classifica qualitativamente a valorização em fácil, moderado e difícil, conforme Tabela 4 (OLIVEIRA, 2017).

Tabela 4 - Faixa de valores e escala qualitativa de cores utilizadas na definição do índice de criticidade (Ic) de valorização de RSI.

Faixa de Índice de criticidade (Ic)	Escala de Cores
0 a 3,3	Fácil
3,4 a 6,6	Moderado
6,7 a 10	Difícil

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Para Oliveira (2017), desta forma indica-se o quão crítico é cada critério em uma avaliação CPQvA sequenciada para a definição do índice de criticidade final da sistemática de valorização do RSI.

### 3.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

A ABNT NBR ISO/IEC 12207:1998 - Tecnologia da Informação - Processos de Ciclo de Vida de *Software*, define que *Software* é uma parte fundamental da tecnologia de informação e de sistemas convencionais, tais como sistemas de transporte, militares, da área médica e financeiros. Instruções (programas de computador) que, quando executadas, produzem a função e o desempenho desejados, com estruturas de dados que possibilitam que os programas manipulem adequadamente a informação e os documentos que descrevem a operação e o uso dos programas (ABNT, 1998).

Ainda de acordo com a norma NBR ISO 9000-3 (1993), que é uma interpretação da norma de garantia de qualidade ISO 9001 para aplicação aos produtos de *software*, as seguintes definições são apresentadas:

- (i) *software*: criação intelectual compreendendo os programas, procedimentos, regras e quaisquer documentação correlata à operação de um sistema de processamento de dados;
- (ii) produto de *software*: conjunto completo de programas de computador, procedimentos e documentação correlata, assim como dados designados para entrega a um usuário;

- (iii) item de *software*: qualquer parte identificável de um produto de software em etapa intermediária ou na etapa final de desenvolvimento;
- (iv) desenvolvimento: todas as atividades a serem realizadas para a criação de um produto de *software*;
- (v) fase: segmento definido do trabalho (ABNT, 1996).

O desenvolvimento de um sistema de informação para *web* trata-se da criação de um *software*, portal ou um *site*, conectado em uma rede, sendo *internet* ou *intranet* (DEVMEDIA, 2020). Os *Softwares web* recebem uma tela como conteúdo definido em linguagem de marcação HTML (*Hyper Text Markup Language*), sendo apenas uma função de estruturação e exibição de *links*, *tags* e textos (SILVA, 2019).

As ferramentas e tecnologias utilizadas na programação são linguagens de aplicações definidas como:

- (i) *back-end*: no qual operam em servidores e também em banco de dados no qual usuários não tem permissão de acesso;
- (ii) *front-end*: que relacionam o acesso do usuário com a interface gráfica do projeto (DEVMEDIA, 2020).

A linguagem *PHP* utiliza-se nas aplicações *back-end* para criação de sistemas de informação, junto a um servidor e um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), capaz de gerar conteúdo dinâmico na *web* e podendo ser acessado por usuários cadastrados (*PHP*, 2020). O servidor *XAMPP* (nome abreviado que 'X' configura-se em diferentes sistemas operacionais para banco de dados *Apache*, *MariaDB* interpretado em linguagem *PHP* e *Perl*) caracteriza a comunicação dos pacotes multiplataformas de servidores, tornando-se um ambiente de testes na *web* local para desenvolvedores. O *MySQL* que utiliza a linguagem *SQL* (*Structured Query Language*) aplica-se em sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) para aplicações *web* responsável por incluir, alterar ou consultar informações do usuário previamente armazenados (SILVA, 2019).

Conteúdos de interação com usuário são desenvolvidos ou programados por aplicações de linguagem *front-end*, que operam em tecnologias como *CSS* (*Cascading Style Sheets*) para efeitos em definição de cor, plano de fundo e também fontes estruturais (*framework*) para estilo, como o *Bootstrap* que facilita o processo de

criação de *sites* responsivos para uso em dispositivos móveis. Para conteúdos dinâmicos e estáticos, utiliza-se o *JavaScript*. Tal linguagem controla recursos de multimídia e imagem por meio de arquivos disponíveis, chamadas bibliotecas, como *jQuery* e *Canvas*, contidos no *Javascript*, acessados por meio de linhas de programação (SILVA, 2019).

Desta forma exhibe-se aos usuários de um sistema *web* a inserção de uma gama variada de dados, textos simples, seleções de caixas ou, até mesmo, informações binárias de arquivos (*PHP*, 2020). Acessibilidade de uso, menor gasto com ferramentas de desenvolvimento, segurança de informações e integração entre sistemas são as principais vantagens de um sistema *web* (DEV MEDIA, 2020).

Os sistemas de informação possuem uma arquitetura que utilizam *hardware*, *software*, redes de telecomunicações, técnicas de administração de dados computadorizadas e outras formas de sistemas de informação. Os conceitos de sistemas dependem da tecnologia que processa a informação, aplicações de interconexão das informações nas redes, desenvolvimento de uso e administração dos dados. Possui três componentes básicos para interação compartilhados com o uso de uma interface:

- (i) entrada de dados;
- (ii) processamento de conversão de dados;
- (iii) saída de transferência modificada destes dados (DEV MEDIA, 2020).

A norma NBR ISO/IEC 12207 estabelece um ciclo de vida para a arquitetura e engenharia do *software*, envolvendo desde a concepção de criação até a descontinuidade, seguindo os passos das cinco fases:

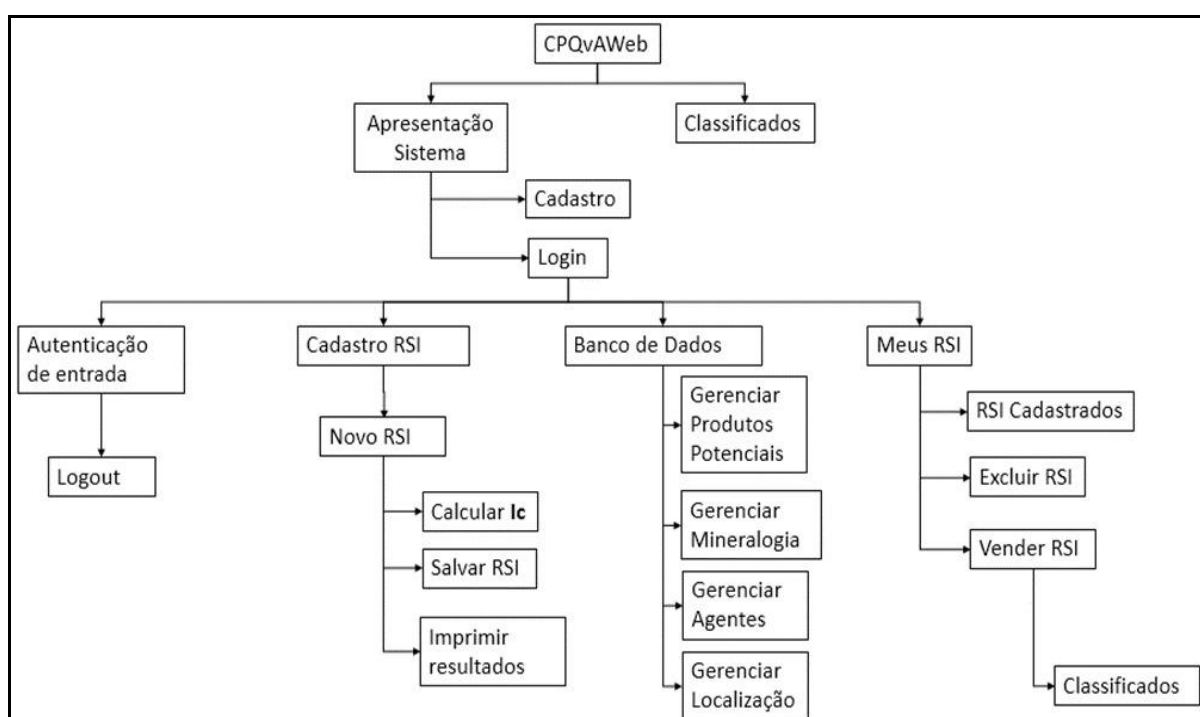
- (i) fase de requisitos - levantamento dos requisitos mínimos, estuda a viabilidade e define o modelo a ser usado;
- (ii) fase de projeto - envolve atividades de concepção, especificação, *design* da *interface*, prototipação, *design* da arquitetura;
- (iii) fase de implementação - tradução para uma linguagem de programação das funcionalidades definidas durante as fases anteriores;
- (iv) fase de testes - realização de testes no que foi desenvolvido de acordo com os requisitos;

- (v) fase de produção - implantação em produção do produto final. Assim todos os dados de configuração irão operar corretamente (DEV MEDIA, 2020).

## 4 METODOLOGIA

Para valorização de um RSI, foi criado um guia para a tomada de decisão com embasamento na sistemática CPQvA em *web*, desde a entrada do resíduo até a saída; neste caso, considerado produto. A representação do fluxograma da Figura 6 mostra uma visão geral do sistema desenvolvido. Cada etapa é apresentada detalhadamente nas sessões subsequentes.

Figura 6 - Fluxograma da Metodologia do Desenvolvimento do Sistema de Tecnologia da Informação.



Fonte: Do Autor, 2022.

### 4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E DEFINIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS UTILIZADOS

Para iniciar o desenvolvimento do CPQvA *web*, foi realizada a seleção de dois resíduos sólidos industriais (RSI) gerados no Estado de Santa Catarina:

- (i) um resíduo de casca cerâmica gerado pela indústria de fundição de precisão localizada na cidade de São José/SC (OLIVEIRA, 2017);
- (ii) um resíduo de areia de fundição gerado por uma empresa da região sul de Santa Catarina.

O resíduo casca de cerâmica foi utilizado para validação do sistema web desenvolvido. É o mesmo resíduo utilizado por Oliveira (2017), para elucidação da sistemática CPQvA e do uso do índice de criticidade.

Para cada resíduo, individualmente, foram realizadas buscas em teses, dissertações, artigos e legislações a fim de encontrar resultados de análises de caracterizações químicas (resultados de fluorescência de raios X (FRX), espectroscopia de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP) e absorção atômica) e mineralógicas (resultados de difração de raios X (DRX) e outras informações necessárias para o desenvolvimento das lógicas do sistema *web*.

Os questionamentos de todos os critérios obtêm pesos definidos conforme estudo de Oliveira (2017), apresentadas na Tabela 2. Os pesos dos critérios passam pelo cálculo da Equação 1 (abaixo), para encontrar o índice de criticidade ( $I_c$ ).

$$I_c = \frac{\sum(qn \times Rn)}{\sum q} \quad (1)$$

#### 4.1.1 Critério C

O RSI candidato à valorização foi avaliado conforme prevê na legislação brasileira para a sua classificação legal. Para seguir as ações propostas no processo do critério C, buscou-se respostas aos questionamentos discutidos e avaliados na forma sequenciada, para a definição do índice de criticidade ( $I_c$ ) para este critério sistêmico. Os questionamentos utilizados são:

- (a) Questão (q1): Há legislação que restrinja a valorização do RSI? (Peso 10).
- (b) Questão (q2): Qual a dificuldade em estabelecer uma amostra representativa do RSI? (Peso 8).
- (c) Questão (q3): Qual a classe ambiental – legislativa do RSI? (Peso 10).

Nestes casos, as legislações vigentes são aplicadas aos resíduos. As legislações utilizadas foram principalmente ABNT NBR 10.004/2004, 10.005/2004, 10.006/2004, 10.007/2004 e CONAMA nº 313/2002.

Posteriormente, o cálculo do índice de criticidade do critério C foi realizado com base na Equação 1.

#### 4.1.2 Critério P

O RSI classificado entrará no processo do critério P. Para isso, os resultados de caracterização da composição química, mineralógica e de propriedades dos materiais foi utilizado, a fim de indicar produtos potenciais de interesse tecnológico (saída).

- (d) Questão (q4): A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações? (Peso 10).

Para identificação das respostas, foram realizadas buscas de resultados de análises de caracterizações dos materiais.

Estas análises podem ser:

- (i) Fluorescência de raios X (FRX): É uma técnica elementar, que permite a identificação dos elementos químicos que compõem uma amostra;
- (ii) Absorção atômica: Método de análise usado para determinar quantitativamente a presença de metais, por exemplo em extratos lixiviados ou solubilizados;
- (iii) Espectroscopia por plasma indutivamente acoplado (ICP): Método de análise usado para determinar quantitativamente a presença de metais, por exemplo em extratos lixiviados ou solubilizados;
- (iv) Difração de raios X (DRX): É uma técnica usada para obter características importantes sobre a estrutura cristalina de uma amostra.

Neste contexto, foi utilizada a base de dados de minerais em estudo denominado Projeto *RRUFF*, um banco de dados integrado de acesso livre que apresentam interações de espectros Raman, difração de raios X e dados químicos para minerais (LAFUENTE, 2015).

Além disso, para cada resíduo, individualmente, foi necessário a realização de buscas em teses, dissertações e artigos sobre os produtos potenciais a serem desenvolvidos. Cada referência utilizada é descrita no sistema.

Posteriormente, o cálculo do índice de criticidade do critério P foi realizado com base na Equação 1.

### 4.1.3 Critério Qv

Os produtos potenciais entram no critério Qv para a avaliação da viabilidade técnica, econômica e ambiental, de modo a tornarem-se produtos candidatos para o critério de aplicabilidade. Nesta etapa, as seguintes questões foram realizadas:

- (e) Questão (q5): A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)? (Peso 6).
- (f) Questão (q6): Há algum elemento que supere o limite de tolerância no produto(s) potencia(is)? (Peso 8).
- (g) Questão (q7): Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI? (Peso 6).
- (h) Questão (q8): Há necessidade de adequação ao processamento para a receptora do RSI? (Peso 6).
- (i) Questão (q9): Há legislação que regulamenta o produto(s) ou restrinja o uso do RSI? (Peso 10).
- (j) Questão (q10): A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do produto(s) candidato(s)? (Peso 6).
- (k) Questão (q11): Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)? (Peso 6).

Para esta etapa, foram avaliadas teses, sites de entidades representativas industriais, dissertações, livros e artigos científicos, utilizados para identificação dos elementos de respostas a cada questão. Cada referência utilizada é descrita no sistema.

Além disso, é preciso levar em consideração normas para transporte de resíduos, ou demais normas que restrinjam o uso do resíduo. Cada norma utilizada é descrita no sistema.

Posteriormente, o cálculo do índice de criticidade do critério Qv foi realizado com base na Equação 1.

#### 4.1.4 Critério A

Os produtos candidatos passam a ser avaliados pelo seguinte questionamento:

- (I) Questão (q12) O desempenho do produto (s) atende às exigências de mercado? (Peso 10).

Nesta etapa, foram identificados na literatura (teses, dissertações e artigos científicos) com potenciais aplicações para os resíduos selecionados. Por outro lado, se eles cumprem as exigências do mercado.

Para isso, foi identificado, também em literatura específica, as exigências do mercado para as aplicações pretendidas. Cada referência utilizada é descrita no sistema.

Posteriormente, o cálculo do índice de criticidade do critério A foi realizado com base na Equação 1.

## 4.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

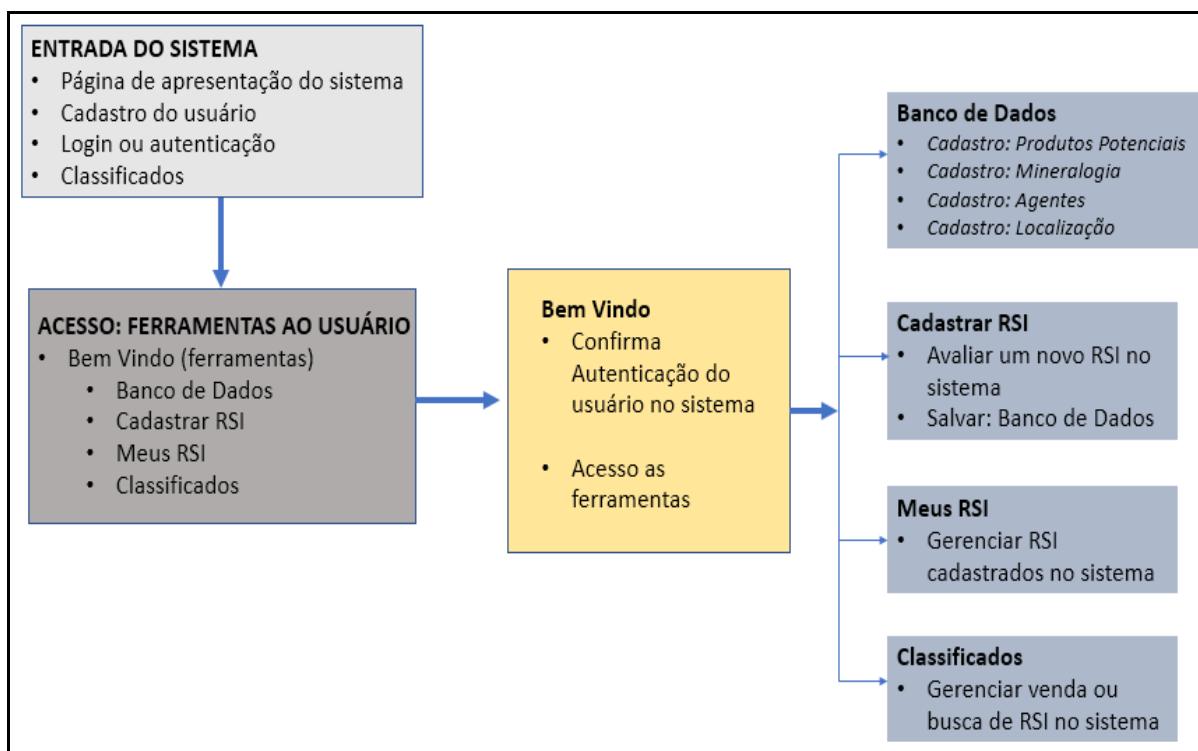
O desenvolvimento do sistema CPQvA *web* foi realizado com base na obtenção de informações por meio do levantamento bibliográfico dos resíduos selecionados.

É importante ressaltar a dependência das respostas de todos os questionamentos ( $\sum q12$ ) dos quatro critérios sistêmicos (CPQvA) para a construção do banco de dados. Descreve-se nos itens subsequentes a metodologia desenvolvida na criação da sistemática CPQvA *web*.

### 4.2.1 Análise do fluxograma geral do sistema

O fluxograma da Figura 7 foi a base para iniciar o desenvolvimento e organização das etapas a serem programadas, obtendo os primeiros passos que consistem na construção deste projeto.

Figura 7 – Fluxograma de desenvolvimento dos ambientes do sistema.



Fonte: Do Autor, 2022.

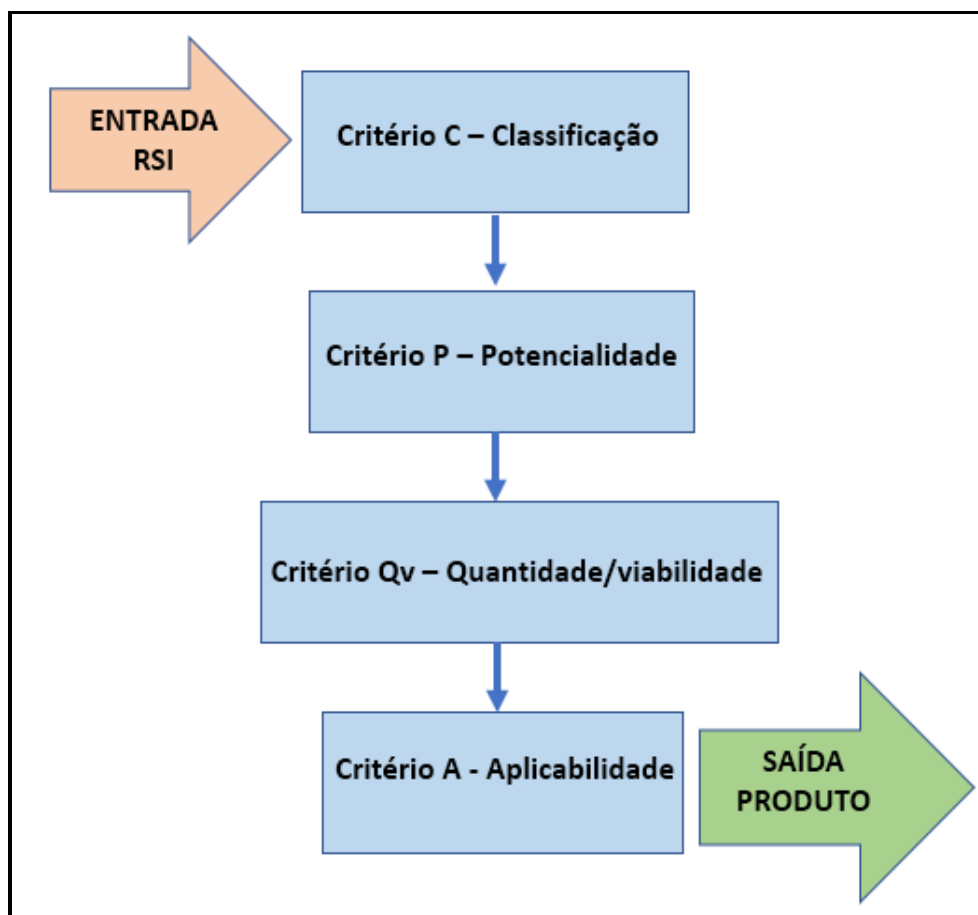
Os ambientes deste fluxograma são necessários para obtenção dos resultados esperados. Neste formato, os usuários atribuem as ações determinantes desde a entrada e saída do sistema, como:

- (i) autenticação de acesso por meio do cadastro ou login;
- (ii) acompanhamento e gestão dos resíduos cadastrados pelas ferramentas “meus RSI” e “cadastrar RSI”;
- (iii) alimentação do banco de dados com informações em produtos potenciais, mineralogia, agentes e localização;
- (iv) oferta do produto avaliado para valorização ao mercado receptor, por meio da ferramenta classificados que dispõe de uma ponte de relacionamento.

#### 4.2.2 Análise do fluxograma da sistemática

Para o usuário avaliar a possibilidade de valorização do resíduo, utiliza-se a sequência lógica de um fluxograma da sistemática (Figura 8), dividido por etapas conforme cada critério.

Figura 8 – Fluxograma de Desenvolvimento da Sistemática.



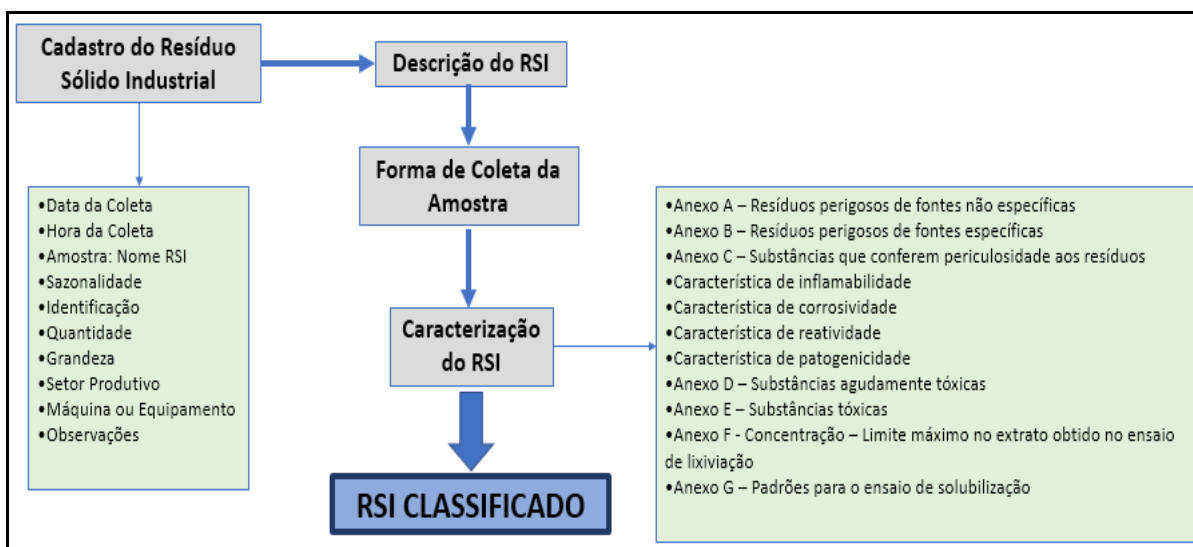
Fonte: Do Autor, 2022.

O critério C (classificação) refere-se à primeira ação tomada na avaliação do resíduo em análise. Utiliza-se de descrições importantes fundamentadas nas normas, como:

- (i) amostragem de resíduos sólidos, ABNT NBR 10007:2004;
- (ii) formulário de informação para a coleta, Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002;
- (iii) caracterização e classificação dos resíduos conforme anexos, ABNT NBR 10004:2004.

Neste sentido, para iniciar a avaliação de um resíduo por meio da sistemática CPQvA, é obrigatório que o usuário tenha resultados da classificação do resíduo. O fluxograma da Figura 9 detalha as etapas do critério C. Constam no fluxograma (em verde) cada tópico a ser respondido pelo usuário, embasados nas normas indicadas.

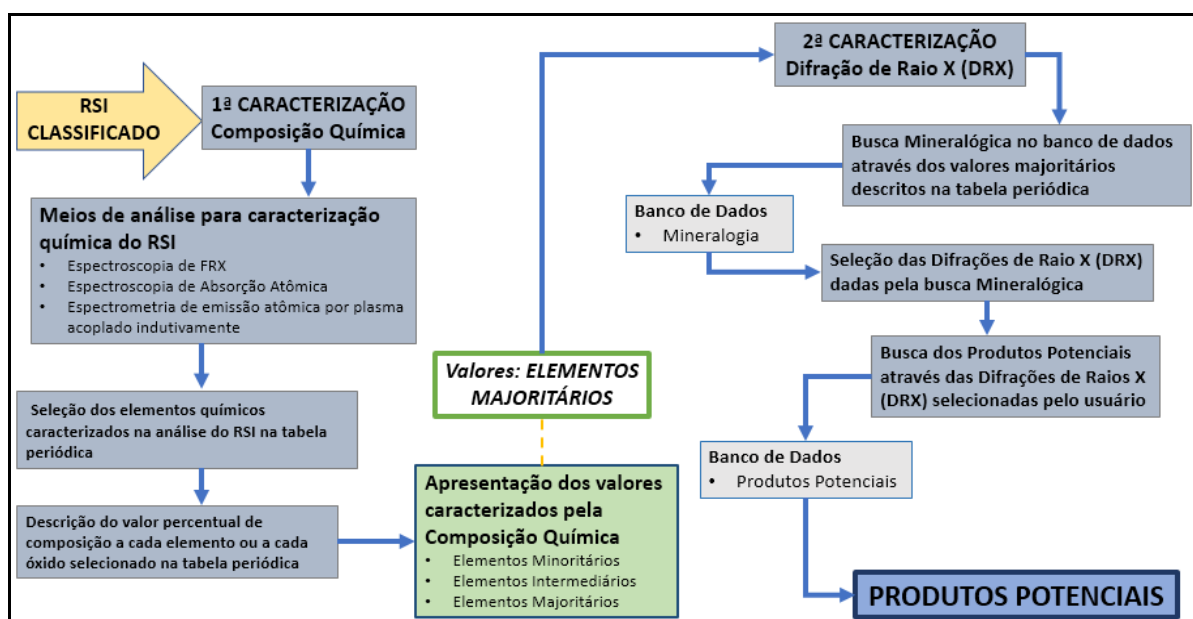
Figura 9 – Fluxograma Classificação.



Fonte: Do Autor, 2022.

Já o fluxograma da Figura 10 representa os passos avaliativos percorridos pelo resíduo, que ao tornar-se “RSI classificado” (Figura 9), pode avançar para o critério P (Potencialidade); do contrário, o “RSI desclassificado” não poderá seguir para o próximo critério. Quando o resíduo for caracterizado perigoso de classe 1, será considerado “RSI desclassificado”. Neste caso, o resíduo deve seguir a norma de descarte vigente.

Figura 10 – Fluxograma Potencialidade.



Fonte: Do Autor, 2022.

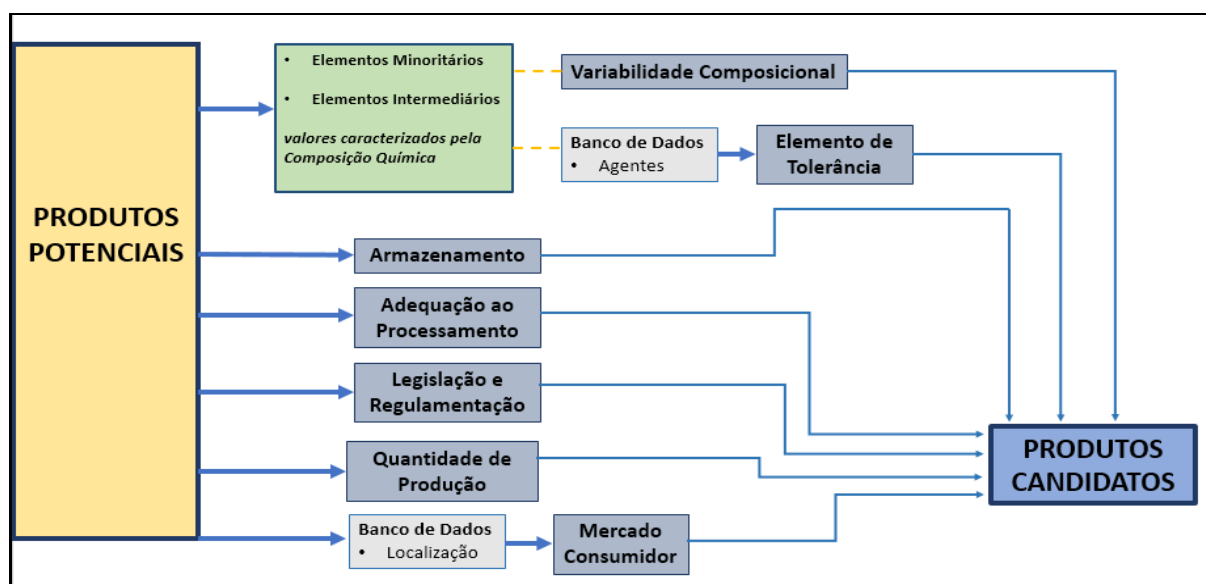
Conforme mostrado na Figura 10, durante a etapa P, o resíduo classificado é então caracterizado. É necessário (e obrigatório) indicar os valores (em % de elementos químicos ou % de óxidos) da composição química caracterizadas por meio de análise e descritos pelo usuário. A partir desta inclusão, o sistema é capaz de apresentar e separar os elementos (ou óxidos) em: minoritários, intermediários e majoritários.

Após a separação, de forma programada, o sistema é capaz de realizar uma busca em um banco de dados construído, das fases cristalinas possíveis de serem encontradas no resíduo. A busca mineralógica é aplicada por meio dos elementos majoritários e apresenta os minerais admissíveis com seus resultados gráficos de DRX para visualização e comparação.

Subsequentemente, a partir dos minerais selecionados pelo usuário (o usuário precisa obrigatoriamente saber antecipadamente as fases cristalinas presentes no resíduo), o sistema faz uma busca no banco de dados determinando os produtos potenciais.

Os produtos potenciais apresentados foram avaliados no critério Qv (quantidade/viabilidade), de acordo com o fluxograma da Figura 11. A partir dos elementos minoritários e intermediários da composição química informados no critério P, foram identificadas e informadas as variabilidades composicionais e elementos de tolerância presentes nos resíduos.

Figura 11 – Fluxograma Quantidade/viabilidade.



Fonte: Do Autor, 2022.

O armazenamento, adequação ao processamento, legislações, quantidade de produção e mercado consumidor são ações do usuário definidas por seleção.

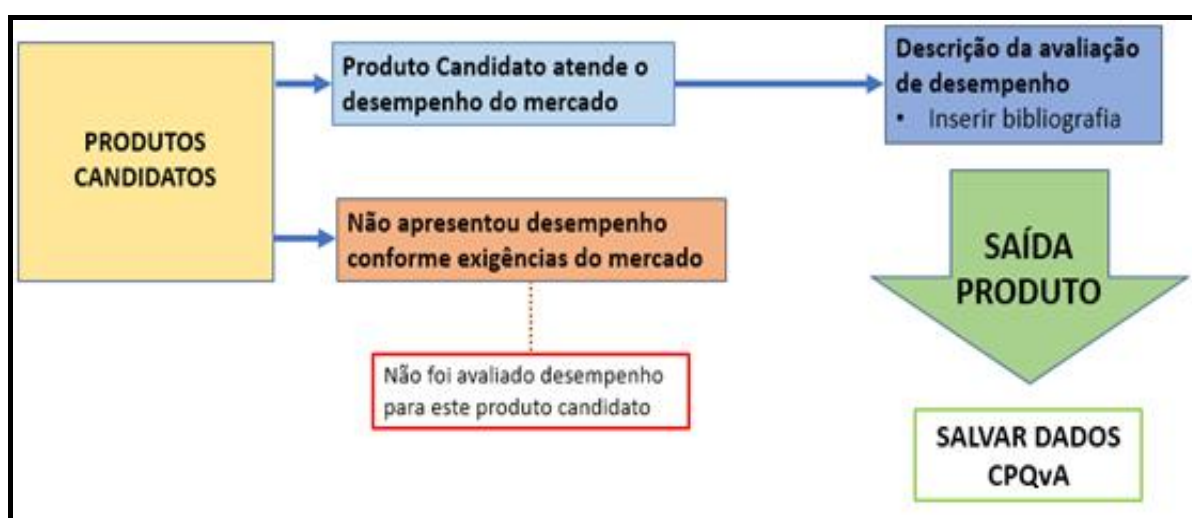
O sistema então analisa os resultados, identificando os produtos candidatos a serem avaliados no próximo critério.

Por fim, a seleção dos produtos candidatos é uma operação lógica de avaliação a cada questionamento.

É realizada também com base em trabalhos já desenvolvidos e encontrados na literatura e que utilizam os resíduos em análise. Cada referência utilizada é descrita no sistema.

A Figura 12 mostra o fluxograma da etapa de aplicabilidade. O critério A (Aplicabilidade), recebe as informações descritas pelo usuário, utilizadas no processo de avaliação de desempenho para cada produto candidato.

Figura 12 – Fluxograma de aplicabilidade.



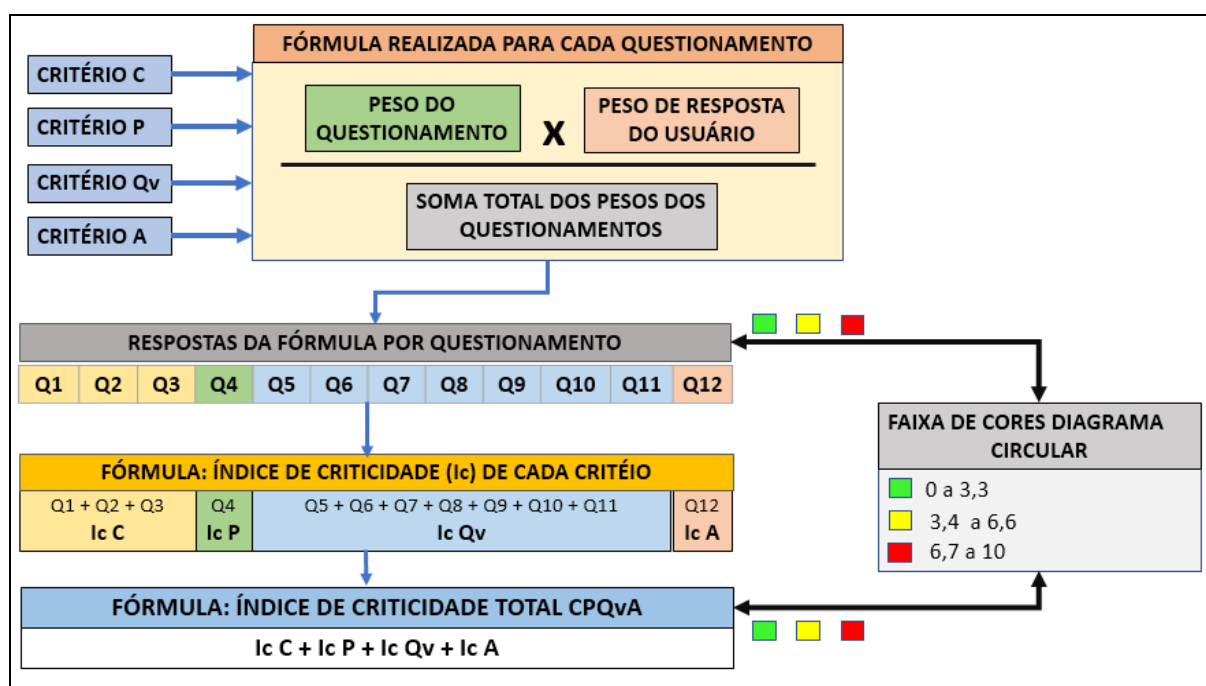
Fonte: Do Autor, 2022.

Havendo desempenho para atender o mercado, esta avaliação torna o produto candidato em um produto aplicável aos receptores. Vale salientar que o desempenho depende dos estudos técnicos já existentes sobre cada produto candidato.

A busca, neste caso, é realizada pelo usuário, que posteriormente informa o sistema.

Para calcular o índice de criticidade (Ic), foi criado um fluxograma demonstrado na Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma Cálculo Ic.



Fonte: Do Autor, 2022.

Observa-se pelo fluxograma que foram determinados resultados quantitativos (números) e qualitativos (cores). Todos os questionamentos por meio de seus pesos indicados serão multiplicados pelo peso de resposta do usuário e dividido pela soma de pesos total dos questionamentos de cada critério; o cálculo é exemplificado na equação 1.

$$Ic = \frac{\sum(qn \times Rn)}{\sum q} \quad (1)$$

A cada resposta com valor quantitativo será atribuído uma resposta qualitativa representadas por cores. Cada cor identifica o nível de cada questão sendo fácil (indicado com a cor verde), médio (indicado com a cor amarela) ou difícil (indicado com a cor vermelha), dentro do diagrama circular.

Os valores de Ic de cada critério são obtidos por meio da soma dos resultados de seus questionamentos.

O índice de criticidade total resulta da soma dos índices de criticidade de cada critério, distinguindo o resultado final para a qualidade do resíduo valorizado, indicando também a faixa de cor principal no diagrama circular.

Os resultados qualitativos servem para representar ao usuário a faixa de dificuldade em que se insere as questões dadas pelo respectivo critério e representa o índice de criticidade (Ic) total resultante de toda sistemática, sendo de forma visual exibida sobre um espaço dentro do diagrama circular, que estas cores apontam os seguintes pesos atribuídos:

- (i) cor verde: representa o resultado de Ic dentre os limites de valor 0 a 3,3 e indica dificuldade baixa para a valorização;
- (ii) cor amarela: representa o resultado de Ic dentre os limites de valor 3,4 a 6,6 e indica dificuldade médio para a valorização;
- (iii) cor vermelha: representa o resultado de Ic dentre os limites de valor 6,7 a 10 e indica dificuldade alta para a valorização.

As estruturas analisadas e especificadas pelos fluxogramas facilitam ao desenvolvedor programar uma solução para as ferramentas requisitadas a cada critério.

#### **4.2.3 Programação do software**

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizadas linguagens *open-source* (código aberto). Tais linguagens podem ser utilizadas livremente pelo desenvolvedor, distribuindo ou modificando as informações de acordo com a conveniência. Foram utilizadas tecnologias e ferramentas de linguagem com diferentes funcionalidades, aplicadas no *back-end* e *front-end*.

As linguagens em *back-end* utilizadas foram:

- *PHP*: principal linguagem utilizada para criação da plataforma, realiza consultas e operações no banco de dados. O código demonstrado na Figura 14 exemplifica a programação de cadastro do usuário no sistema com informações da empresa, localização, responsável técnico, *e-mail* e senha para autenticação;

Figura 14 – Cadastro Usuário.

```

1  <?php
2  session_start();
3  include ("../connection.php") ;
4  $connectionDb = openDB('cpqva');
5
6  $empresa = $_POST['empresa'];
7  $cnpj = $_POST['cnpj'];
8  $responsavel_tecnico = $_POST['responsavel_tecnico'];
9  $email = $_POST['email'];
10 $senha = $_POST['senha'];
11 $cidade = $_POST['cidade'];
12 $estado = $_POST['estado'];
13 $createdAt = date('Y-m-d H:i:s');
14 $updatedAt = date('Y-m-d H:i:s');
15
16 $insert = "INSERT INTO usuarios(empresa, cnpj, responsavel_tecnico, email, senha,
17 cidade, estado, created_at, updated_at)
18 VALUES ('$empresa', '$cnpj', '$responsavel_tecnico', '$email',
19 '$senha', '$cidade', '$estado', '$createdAt', '$updatedAt')";
20
21 $query = mysqli_query($connectionDb, $insert);
22

```

Fonte: Do Autor, 2022.

- *MySql*: sistema de gestão do banco de dados (SGBD) com linguagem SQL, utilizada para armazenar informações de cadastro do sistema. As tabelas informadas na Figura 15 recebem dados dos resultados da sistemática CPQvA;

Figura 15 – Banco de Dados CPQvA.

The screenshot shows a MySQL database management interface with the following components:

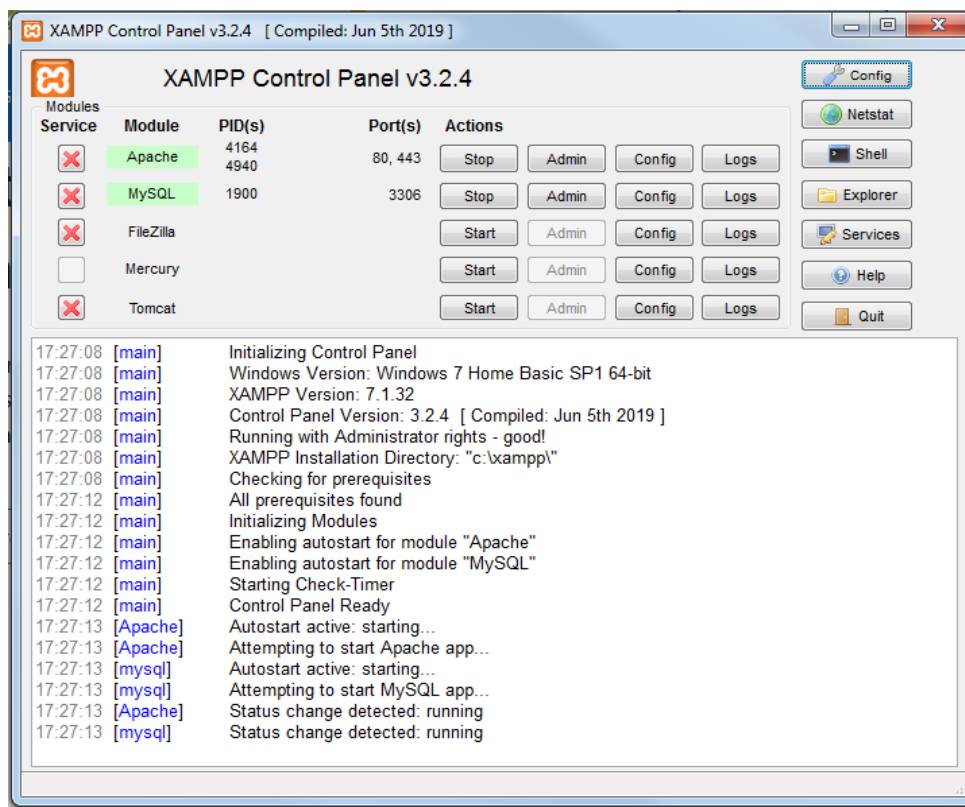
- Server: 127.0.0.1 » Base de Dados: cpqva
- Navigation tabs: Estrutura, SQL, Pesquisar, Pesquisa por formulário, Exportar, Importar, Opções
- Table list with columns: Tabela, Ações

Tabela	Ações
<input type="checkbox"/> adequacao_processamento	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> avaliacao_desempenho	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> elemento_tolerancia_medio	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> elemento_tolerancia_minoritario	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> laudos	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> legislacao_regulamentacao	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> mercado_consumidor	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> minerais_potenciais	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> produtos_candidatos	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> produtos_potenciais	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> quantidade_geracao	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> usuarios	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> variabilidade_composicional_dificil	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> variabilidade_composicional_facil	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar
<input type="checkbox"/> variabilidade_composicional_medio	★ Procurar Estrutura Pesquisar Inserir Limpar Eliminar

Fonte: Do Autor, 2022.

- **XAMPP**: servidor web local para acesso e testes do sistema. Na Figura 16 apresenta as configurações para iniciar o servidor.

Figura 16 – Servidor.



Fonte: Do Autor, 2022.

As linguagens utilizadas em *front-end* foram:

- **HTML**: linguagem de marcação visual, apresentação dos textos e *tags* que compõe este projeto. A Figura 17 caracteriza o texto de apresentação na entrada do sistema;

Figura 17 – Texto em HTML.

```

entrar > index.php
1 <h1>Sistemática CPQvAWeb</h1>
2 <h1>Um guia para tomada de decisão</h1></br>
3
4 <p>A sistemática de valorização de Resíduos Sólidos Industriais (RSI)
5 consiste em um guia sistêmico<br>para tomada de decisão, estruturado a partir dos critérios sistemáticos
6 CPQvA e por um índice de criticidade (Ic)<br> Este índice estará relacionado à dificuldade de valorizar o
7 RSI ou de conceber um produto viável à aplicação</p></br>
8
9 <a href="/cpqva/entrar/login.php" class="btn btn-outline-info">Acessar</a>
10 <a href="/cpqva/entrar/cadastro.php" class="btn btn-outline-info">Cadastre-se</a>

```

Fonte: Do Autor, 2022.

- CSS: fornece os estilos visuais. Este projeto configura-se com *framework Bootstrap* para auxílio de responsividade em diversos tipos de telas. Na Figura 18 apresenta programação de uma tabela responsiva;

Figura 18 – Tabela Responsiva.

```
1989 @media (max-width: 1199.98px) {  
1990   .table-responsive-xl {  
1991     display: block;  
1992     width: 100%;  
1993     overflow-x: auto;  
1994     -webkit-overflow-scrolling: touch;  
1995   }  
1996   .table-responsive-xl > .table-bordered {  
1997     border: 0;  
1998   }  
1999 }
```

Fonte: Do Autor, 2022.

- *JavaScript*, linguagem de programação estática e gráfica utilizada para obtenção dos resultados em tela. Para desenhar o diagrama circular foi utilizado o *Canvas* via *Javascript* para apresentar as movimentações dos resultados, Figura 19.

Figura 19 – Desenho 2D em *JavaScript*.

```
3602  
3603 <!--diâmetro principal do diagrama circular-->  
3604 <script type="text/javascript">  
3605   var canvas = document.getElementById("canvas1");  
3606   var contexto = canvas.getContext("2d");  
3607   contexto.beginPath(); // início um novo caminho  
3608   contexto.arc(300, 300, 250, 0, 2 * Math.PI, true);  
3609   contexto.lineWidth = 4; // largura da linha  
3610   contexto.strokeStyle = '#2F4F4F'; // cor da linha  
3611   contexto.stroke();  
3612   contexto.moveTo( 300, 600);  
3613   contexto.lineTo(300, 10);  
3614   contexto.lineWidth = 6; // largura da linha  
3615   contexto.strokeStyle = '#2F4F4F'; // cor da linha  
3616   contexto.stroke(); // realiza o desenho  
3617   contexto.moveTo( 600, 300);  
3618   contexto.lineTo(-300, 300);  
3619   contexto.lineWidth = 6; // largura da linha  
3620   contexto.strokeStyle = '#2F4F4F'; // cor da linha  
3621   contexto.stroke();  
3622 </script>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

#### 4.2.4 Criação do banco de dados

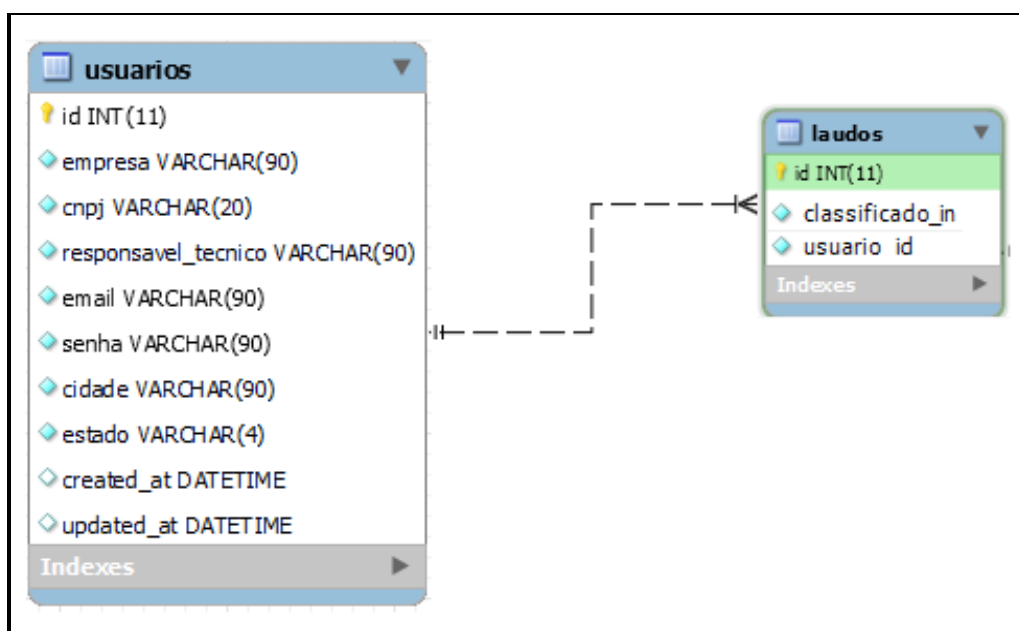
Para salvar as informações do banco de dados foram criadas tabelas no *MySQL* com intuito de armazenar, compartilhar, controlar acesso e gerar relatórios, formando uma gestão segura dos materiais que o usuário disponibiliza por base do conhecimento relatado a cada etapa do sistema.

Foram elaborados dois bancos de dados:

- i) Banco de dados principal: opera com quinze tabelas direcionadas à gestão de cadastro dos usuários e autenticações, recebe informações dos resultados e retorna relatórios dos resultados. Realiza quatro consultas no segundo banco de dados;
- ii) Banco de dados secundário: caracterizado como biblioteca de buscas da sistemática. É formado por sete tabelas, em que quatro recebem registros de informações e três servem de elementos dinâmicos cadastrais em formulários.

Conforme Figura 20, a tabela *laudos* recebe informações que caracterizam o conteúdo de respostas dentro do sistema para um usuário identificado (*usuário\_id*), ou seja, cada usuário poderá efetuar inúmeros cadastros sem interferir nos cadastros dos outros usuários.

Figura 20 – Relacionamento Banco de Dados.



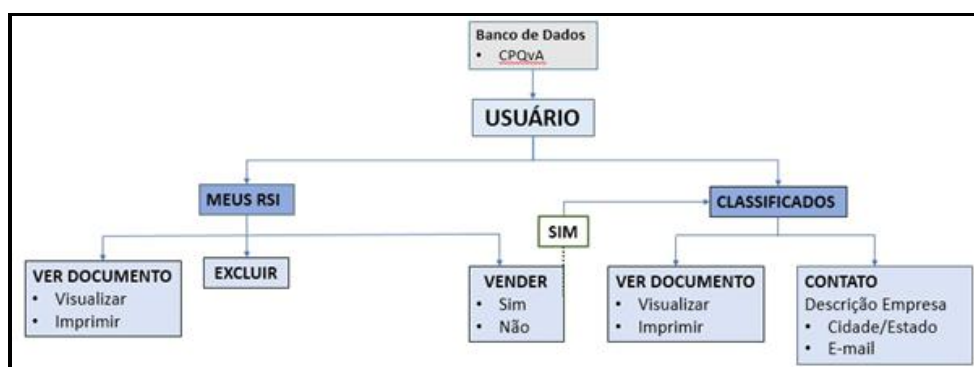
Fonte: Do Autor, 2022.

#### 4.2.5 Criação da ponte de relacionamento comercial

A lei da oferta e procura estabelece uma relação entre a demanda de um produto e a quantidade ofertada. Com base na sistemática CPQvA, este estudo se dedica em transformar um resíduo em uma matéria-prima a determinados receptores.

O projeto dedica-se em métodos de uma economia circular, fundamentada sobre uma ferramenta de classificados, com propósito de utilizar os documentos registrados pela ação da valorização sistêmica para usuários e visitantes. A ação de negociação parte do receptor interessado em contato por meio das informações de cadastro do usuário gerador. O fluxograma como mostrado na Figura 21 apresenta o funcionamento da ponte de relacionamento comercial do sistema chamado classificados.

Figura 21 – Fluxograma Ponte de Relacionamento Comercial.



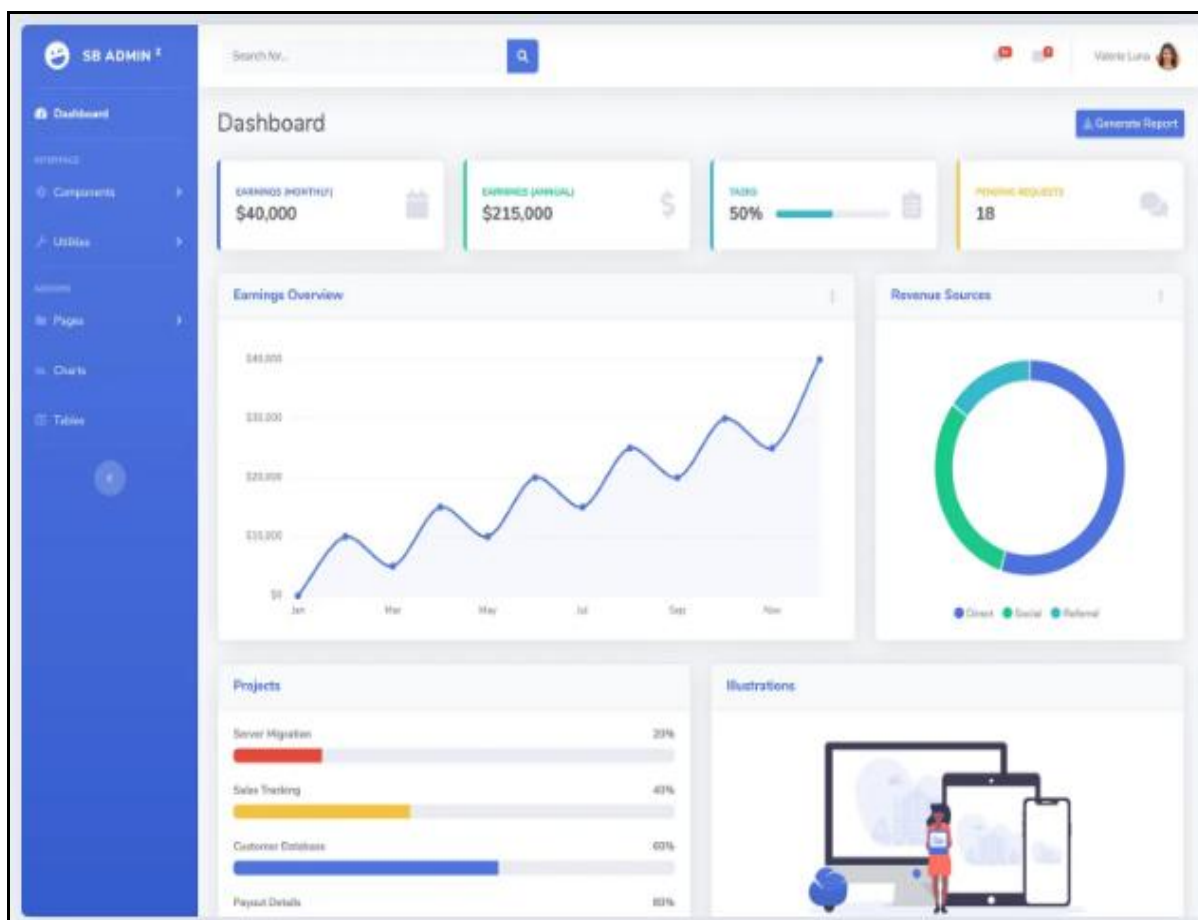
Fonte: Do Autor, 2022.

Os classificados exibem os documentos dos resíduos selecionados a venda para todos que visitam o sistema.

#### 4.2.6 Criação do *layout* da *interface*

Para desenvolvimento da *interface*, o projeto foi adaptado e criado com base sobre um *template* em *Bootstrap*, *download* gratuito e em código aberto. A Figura 22 representa o *template SB Admin 2* (START-BOOTSTRAP, 2020), possui design moderno com sombras e cores simples em um *layout* baseado no modelo de cartão, tornando a configuração inicial com uma estrutura predefinida para facilitar na criação do conteúdo a partir de algo construído.

Figura 22 – *Template* utilizado para desenvolvimento da interface do sistema.



Fonte: Do Autor, 2022.

Foram criados sobre este *template* os ambientes e ferramentas que compõem o sistema.

#### 4.2.7 Conexão do *layout* com o banco

Foram criadas as conexões entre os objetos usuais da *interface* com os campos das tabelas no banco de dados, no qual o usuário faz gestão das informações, podendo criar, editar, ver e excluir em tempo real por intermédio do *layout* da ferramenta em execução.

A Figura 23 demonstra uma exemplificação da programação em linguagem *PHP*. Neste exemplo, foi criado um botão “excluir” organizado em um formulário dentro do *layout*. A programação se dá em uma *function* por meio do comando *query*, realizando a ação *delete* de um determinado mineral da tabela salvo no banco de dados.

Figura 23 – Função Excluir Mineral.

```
27 function removeMineral($conexao, $id){
28     $query = "delete from nomemineral where id ={$id}";
29     return mysqli_query($conexao, $query);
30
31 }
32
```

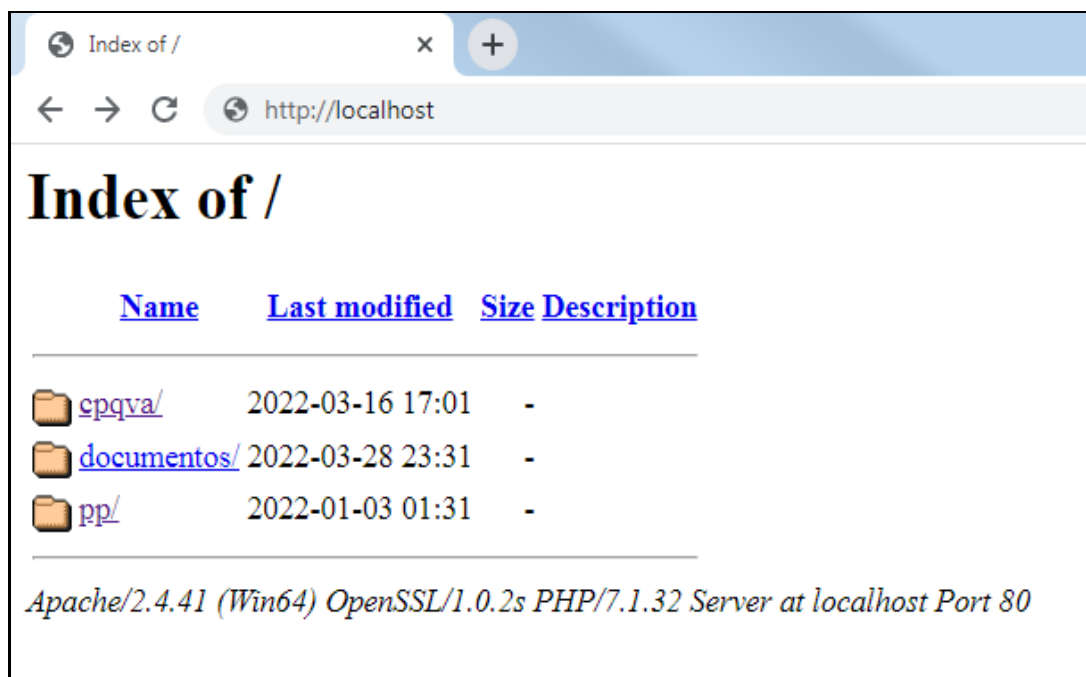
Fonte: Do Autor, 2022.

#### 4.2.8 Compilação na web

A cada ferramenta desenvolvida, foi utilizado o navegador para análise de resultados, podendo observar mudanças como correção de erros e alteração de ações não aprovadas, em tempo real.

O acesso ao sistema foi executado por rede local por intermédio do servidor, digitando o link <http://localhost/> no navegador, conforme Figura 24, assim podendo abrir o sistema por meio de sua respectiva pasta.

Figura 24 – Servidor Localhost.



Fonte: Do Autor, 2022.

#### **4.2.9 Testes de Implementação**

Foram realizados testes de inserção, edição, atualização e exclusão de registros do banco de dados, por meio das ferramentas encontradas na *interface web* para garantir a funcionalidade de todas as ferramentas disponíveis.

#### **4.2.10 Análise e documentação dos resultados**

O sistema apresenta um *layout* dos resultados salvos no banco de dados dos critérios da sistemática CPQvA, com informações declaradas na valorização do resíduo, cálculo dos índices de criticidade e imagem gráfica 2D do diagrama circular.

O usuário pode imprimir, excluir e apresentar esta documentação dos resultados no ambiente Classificados.

### **4.3 ESTUDOS DE CASO**

#### **4.3.1 – Estudo de caso: Casca cerâmica para validação do sistema**

Para validação do sistema, o resíduo de casca cerâmica, apresentado no trabalho de Oliveira (2017) foi utilizado. Tal resíduo já foi apresentado e analisado para valorização na sistemática CPQvA. Os resultados foram estruturados de forma sistêmica como um processo de tomada de decisão multicritério (CPQvA) e demonstram uma estratégia prática viável de aplicação da casca cerâmica.

#### **4.3.2 – Estudo de caso: Areia de fundição**

Areia descartada de fundição do processo de moldagem foi fornecida por uma empresa da região sul de Santa Catarina fabricante de discos e tambores de freio, previamente classificada de acordo com a ABNT-NBR 10007:2004.

Esta areia de fundição é proveniente do processo de moldagem *cold-box* (cura a frio), contendo aproximadamente 98% de quartzo, 1% de resina fenólica e 1% de catalisador.

A análise química por FRX da areia de fundição foi realizada em um equipamento da marca Panalytical, modelo WRFDX AXIOS MAX.

A análise mineralógica foi realizada em um difratômetro de raios X, Shimadzu, modelo XRD-6000, equipado com uma fonte de raios X ( $\text{CuK}\alpha$   $\lambda = 0,15405$  nm e ângulo de detecção variando entre 5 e  $75^\circ$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho refere-se ao desenvolvimento de uma ferramenta computacional em sistemas de informação, capaz de facilitar a gestão e o planejamento de atividades ligadas às áreas de geração e/ou destinação de RSI, por meio da aplicação dos critérios CPQvA desenvolvida, para que a indústria possa de forma consistente e efetiva, utilizar o RSI como material de interesse tecnológico para um novo ciclo de produção, inserido no cenário da economia circular.

O sistema foi denominado CPQvA *web*. Os resultados do desenvolvimento estão descritos em quatro etapas, para melhor entendimento da construção do sistema CPQvA *web*:

- (i) interface gráfica;
- (ii) banco de dados;
- (iii) lógica do sistema;
- (iv) valorização do RSI no sistema, avaliados para base de estudos e resultados em duas etapas:
  - a. RSI de casca de cerâmica, para validação do sistema;
  - b. RSI de areia de fundição para uso do sistema.

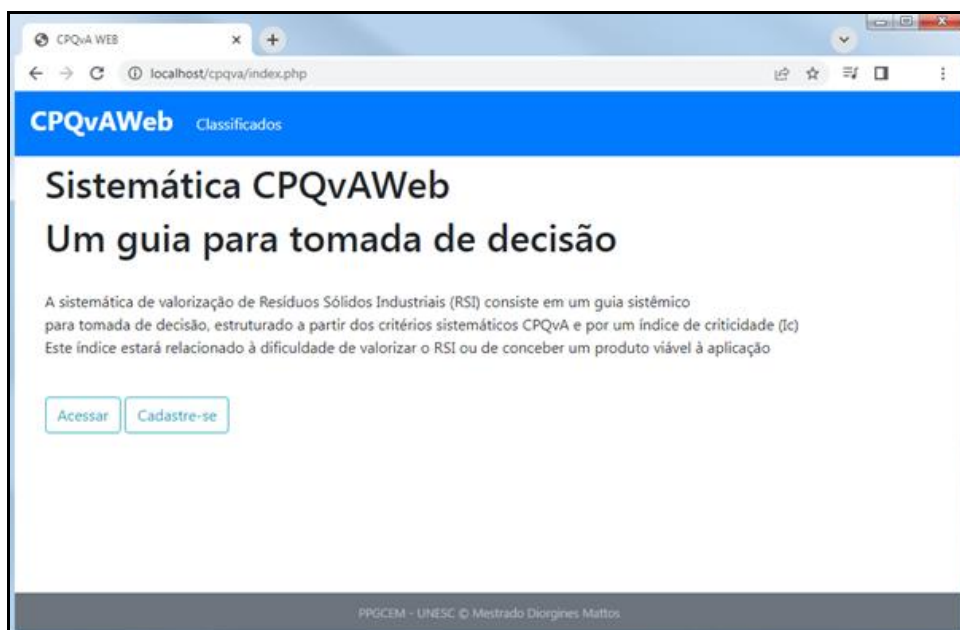
### 5.1 INTERFACE GRÁFICA

Nesta etapa são apresentados os modelos de *interface* desenvolvidos para interação do utilizador, bem como a funcionalidade dos objetos e ferramentas que caracterizam a solução em sistema *web*.

#### 5.1.1 – Entrada do sistema

A tela de início exibe informações do objetivo central do sistema e objetos de ação. Pode-se observar na Figura 25 as primeiras funcionalidades que foram desenvolvidas, como a criação do cadastro de usuário, acesso ao sistema e portal classificados. Nesta etapa pode-se efetuar o cadastro, ver RSI à disposição de venda no portal classificados e autenticar acesso ao sistema CPQvA *web*.

Figura 25 – Tela de Entrada.



Fonte: Do Autor, 2022.

Para efetuar o cadastro (Figura 26), é necessário que o usuário insira algumas informações. Essas informações são necessárias para criação do banco de dados principal. Desta forma, é necessário inserir nome, cadastro nacional da pessoa jurídica (CNPJ), município e estado da empresa. Ainda no cadastro, é importante certificar o responsável técnico da conta, *e-mail* e senha que serão utilizados para acesso.

Figura 26 – Tela de Cadastro.

Fonte: Do Autor, 2022.

A Figura 27 apresenta a ação de autenticação de entrada. Com a identidade registrada no banco de dados por meio do cadastro, o usuário poderá acessar as ferramentas de gestão na valorização do RSI.

Figura 27 – Login de Acesso.



Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.1.2 – Acesso às ferramentas

Ao efetuar a autenticação, o usuário tem acesso à área de gestão do sistema. A confirmação de autenticação é exibida em uma mensagem, junto ao nome do responsável técnico, conforme Figura 28.

Figura 28 – Tela de Autenticação.



Fonte: Do Autor, 2022.

Na área de gestão, pode-se ter acesso às ferramentas e objetos de trabalho usuais, especificamente enumerado na Figura 29:

1. além de texto, tem ação de *click* retornando à área de gestão;
2. ferramentas do sistema CPQvA, meus resíduos, cadastrar e portal classificados;
3. banco de dados ou biblioteca da sistemática CPQvA;
4. nome do responsável técnico autenticado;
5. permite encerrar sessão.

Figura 29 - Ferramentas de Trabalho.



Fonte: Do Autor, 2022.

Os conjuntos de ações apresentadas realizam as tarefas a serem organizadas, como ações de cadastro de produtos potenciais, minerais, agentes e localização, na qual fornece informações por base de busca ao cadastrar o RSI no sistema. Após o cadastro do RSI, o sistema cria um documento novo na área de acesso “Meus RSI”, faz-se gestão de todos documentos salvos no banco de dados, podendo o usuário ver/imprimir, encaminhar para venda na área de classificados ou excluir RSI cadastrado do banco de dados. Todas estas ações compõem a importância da gestão a serem tomadas dentro do sistema CPQvA web.

### 5.1.3 – Cadastro: banco de dados

As ferramentas de banco de dados Mineralogia, Produtos potenciais, Agentes e Localização têm a função de contribuir à pesquisa na base de dados, com os resultados no sistema, desenvolvida com ações diretas ao banco de dados. Desta

forma, o responsável técnico pode cadastrar um novo dado, no qual a ação de editar e excluir os dados cadastrados cabe apenas aos gestores e desenvolvedores do sistema.

### 5.1.3.1 – Cadastro: Mineralogia

Para obter resultados em Mineralogia, fez-se necessário criar uma biblioteca no banco de dados de consultas automatizadas, ligadas aos elementos ou óxidos majoritários apresentados na caracterização da composição química. O ponto de importância da criação desta ferramenta seria de não depender de outros bancos de dados, com objetivo de padronizar as informações de minerais sob medida ao CPQvA web. O banco de dados Mineralogia expõe informações e cadastros de minerais, como demonstra na Figura 30, sendo utilizado para apresentar imagens de difração de raios X (DRX) na valorização do RSI.

Figura 30 – Tela Mineralogia.



DRX Imagem	Mineral	Fórmula Química	Classe	Fonte Bibliográfica
	ENXOFRE	S	Elementos Nativos	[1] <a href="https://geologia.ufc.br/wp-content/u">https://geologia.ufc.br/wp-content/u</a>
	GRAFITA	C	Elementos Nativos	[1] <a href="https://ruff.info/chem=C/notchem=AL">https://ruff.info/chem=C/notchem=AL</a>
	ARSENOPIRITA	FeAsS	Sulfetos	[1] <a href="https://ruff.info/arsenopyrite/disp">https://ruff.info/arsenopyrite/disp</a>

Fonte: Do Autor, 2022.

Observa-se que o banco de dados armazena a fórmula química do mineral e sua respectiva fase cristalina. A fase cristalina é demonstrada em termos de seu nome e em formato de difratograma. O difratograma pode ser ampliado (efeito zoom), para que possa ser comparado.

No caso de o sistema não dispor da fase cristalina presente no estudo, existe a possibilidade de cadastrar, informando o nome do mineral da fase, fórmula química, classe/subclasse, fonte bibliográfica e imagem de comparação.

Vale salientar que o cadastro de novas fases cristalinas, edição ou exclusão das informações não está liberado aos usuários do sistema. Tal área é acessada apenas por programadores ou gestores.

### 5.1.3.2 – Cadastro: Produtos potenciais

A composição química e as fases cristalinas do RSI (mineralogia) ao entrarem no sistema definem os produtos que tenham potencialidades de serem gerados a partir do RSI. Com a intenção de compreender o mercado que valoriza o RSI em seus processos, foi criado o banco de dados de produtos potenciais. Tal banco de dados realiza as buscas automatizadas do sistema, apresentando os resultados obtidos pelas fases cristalinas selecionadas.

Figura 31 – Tela Produtos Potenciais.



Produto Potencial	Mineral	Fórmula Química	Classe	Segmento Industrial	Fonte Bibliográfica
Isolante Térmico para aparelhos elétricos	MOSCOVITA	KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	Silicatos/Filosilicatos	Indústria de componentes eletrônicos	[1]...
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários	[1] OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQV...
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários	[1] OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQV...
Queimador poroso radiante (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores	[1] OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQV...
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores	[1] OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQV...

Fonte: Do Autor, 2022.

A partir da Figura 31, percebe-se que o banco dados apresentado pelo sistema mostra os produtos potenciais de acordo com os minerais presentes no mesmo. Além disso, apresenta a fórmula química e a classe mineral. A fórmula química do mineral é a palavra-chave de buscas dos produtos potenciais no banco de dados. Após as buscas, os resultados são apresentados para continuidade da avaliação do critério P.

Pode-se cadastrar um novo produto potencial, mas para isso é importante descrever a fonte bibliográfica, mineral, classe/subclasse e fórmula química e também o produto potencial com seu respectivo segmento industrial. Excluir e Editar são ações analisadas pelos gestores ou programadores do banco de dados e é obrigatório o uso de uma referência bibliográfica.

#### 5.1.3.3 – Cadastro: Agentes

Os agentes são compostos químicos que podem fazer diferença técnica, mecânica ou física, no processo de formação de um determinado produto. Podem ser um indicador contaminante ou não contaminante para aplicação. Tais compostos podem sofrer reações que dependem da formulação química do RSI, combinados com a composição química do produto potencial. Um exemplo são os óxidos de ferro, que podem atuar como agentes cromóforos em determinadas composições, limitando algumas aplicações. Também existe a importância da metodologia do processo de produção, que pode interferir ou não na reação química destes indicadores.

Neste sentido, foi criado um banco de dados que identifica estes indicadores pela caracterização composicional do RSI. A identificação é realizada por meio dos óxidos ou elementos minoritários e intermediários e responde ao questionamento da existência da substância entre o RSI e o mineralogia aplicada ao produto potencial.

Os agentes disponíveis do banco de dados, conforme Figura 32, são apresentados em forma de tabela com informações dos óxidos, formulação química da matéria-prima, tipo de agente (por exemplo cromóforo, fundente, etc.) e fonte bibliográfica. A função de Cadastro de novo agente pode ser realizada pelo responsável técnico e ações de exclusão e edição não são permitidas, apenas para gestores e programadores.

Figura 32 – Tela Agentes.



Óxido	Matéria Prima	Agente	Fonte Bibliográfica
Na2O	Na2CO3 Na2SO4	Fundente	[1] <a href="https://scholar.google.com.br/schola">https://scholar.google.com.br/schola</a>
K2O	K2CO3	Fundente	[1] <a href="https://scholar.google.com.br/schola">https://scholar.google.com.br/schola</a>
K2O	K2CO3 1.5H2O	Fundente	[1] <a href="https://scholar.google.com.br/schola">https://scholar.google.com.br/schola</a>
K2O	K2CO3 2H2O	Fundente	[1] <a href="https://scholar.google.com.br/schola">https://scholar.google.com.br/schola</a>

Fonte: Do Autor, 2022.

#### 5.1.3.4 – Cadastro: Localização

Para obter distância em quilômetros entre o município do gerador do RSI e o município do possível receptor deste mesmo RSI, foi criado o banco de dados Localização. O responsável técnico faz o cadastro e faz-se necessário descrever o segmento industrial dos receptores que processam ou transformam os produtos potenciais em análise, com seu respectivo município/estado e também a distância entre os municípios do gerador/receptor; após a efetivação do cadastro de uma nova localização, as informações salvas poderão ser analisadas, conforme representada na Figura 33.

Figura 33 – Tela Localização.



Município-Gerador / Estado	Município-Receptor / Estado	Distância (Km)	Segmento Industrial
Criciúma/SC	São José/SC	196	Indústria de componentes eletrônicos
São José/SC	Atatiba/SP	745	Microfusão
São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	Microfusão

Fonte: Do Autor, 2022.

Os dados salvos em banco de dados não podem ser alterados pelo usuário, apenas gestores e programadores podem editar ou excluir informações.

#### **5.1.4 – Cadastrar RSI**

Para iniciar uma valorização deve-se acessar a ferramenta de cadastro novo resíduo sólido industrial (RSI). Dentro desta ferramenta estão dispostos os questionamentos que compõe a sistemática de acordo com cada critério, conforme analisa-se na Tabela 2 da página 37, permitindo ao usuário selecionar e/ou descrever as repostas.

As repostas têm pesos estabelecidos que indicam o nível de julgamento qualitativo atribuídos a cada questionamento, que replica pela lógica do sistema, os valores dos índices de criticidade (IC) de cada critério, por meio da equação somatória.

Os resultados, bem como os pesos dos questionamentos e valores dos índices de criticidades, são anexados no gráfico do diagrama circular de acordo com as ações executadas em tempo real, pelo usuário/responsável técnico.

Conforme dados demonstrados na Figura 34, na qual se refere ao escopo do sistema para cadastro do resíduo sólido industrial da geradora, exige do usuário informações de importância determinadas sobre normas de amostragem dos resíduos e instruções de acordo com anexos ABNT NBR 10007:2004 e Resolução CONAMA nº 313/2002.

As informações requeridas como hora e data da coleta compreende a instrução e avaliação do tempo que a amostra se encontra, devido à velocidade das reações químicas com as variações da concentração.

O nome relaciona a significância ao objeto ou material de RSI, respectivo da sua sazonalidade de produção, ou seja, o tempo de ocorrência do processo específico de produção que se encontra a amostra, junto com a informação quantidade/grandezas gerada diante deste processo sazonal.

Estas informações representam a parte lógica do questionamento (q10) do critério Qv, que respondem se a quantidade gerada do RSI atende a necessidade de produção do produto.

Essencial que as amostras recebam um código de identificação, sendo por padrão da empresa ou padrão de análise no qual respeite ao RSI, informando o setor e máquina/equipamento do processo que foi coletada a amostra.

Ao clicar no botão imprimir avaliação, poderá o responsável técnico realizar a impressão ou salvar o documento em formato de texto, no qual será apresentado os valores da sistemática CPQvA com suas respectivas informações.

Figura 34 – Cadastrar RSI.

The screenshot shows the 'CADASTRO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)' form in the CPQvAWeb system. The interface includes a top navigation bar with 'CPQvAWeb', 'CPQvA', 'Mineralogia', 'Produtos Potenciais', 'Agentes', and 'Localização'. A user greeting 'Olá Diorgines Mattos' and a 'Logout' link are visible in the top right. The main form area contains the following fields and options:

- DATA DA COLETA:** A date picker set to dd/mm/aaaa.
- HORA DA COLETA:** A time picker set to --:--.
- AMOSTRA: NOME DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI):** A text input field with the example 'Exemplo: areia de fundição...'.
- SAZONALIDADE:** A dropdown menu with the selected option 'inerente ao processo industrial na produção deste resíduo'. Below it are radio buttons for 'Diário', 'Semanal', 'Mensal', 'Semestral', and 'Anual'.
- Identificação:** A text input field with the example 'Exemplo: RCC 001'.
- Quantidade:** A text input field with the value '0.00'.
- Grandeza:** A dropdown menu with the option 'Escolher...'.
- Sector Produtivo:** A text input field with the example 'Onde foi coletado RSI - Exemplo: Aciaria / Moldagem...'.
- Máquina ou Equipamento:** A text input field with the example 'Exemplo: Forno elétrico a arco / direto / indução...'.

On the right side, there is a sidebar titled 'Sistemática CPQvA' containing a 'Índice de Criticidade TOTAL:' section with sub-sections for 'Índice de Criticidade(C):', 'Índice de Criticidade(P):', 'Índice de Criticidade(Qv):', and 'Índice de Criticidade(A):'. Below this is a 'Resultado' section featuring a circular diagram with four quadrants labeled A, C, P, and Qv. The diagram has radial lines and labels q1 through q12. At the bottom of the sidebar are two buttons: 'Salvar Dados no Banco' (green) and 'Imprimir Avaliação' (yellow).

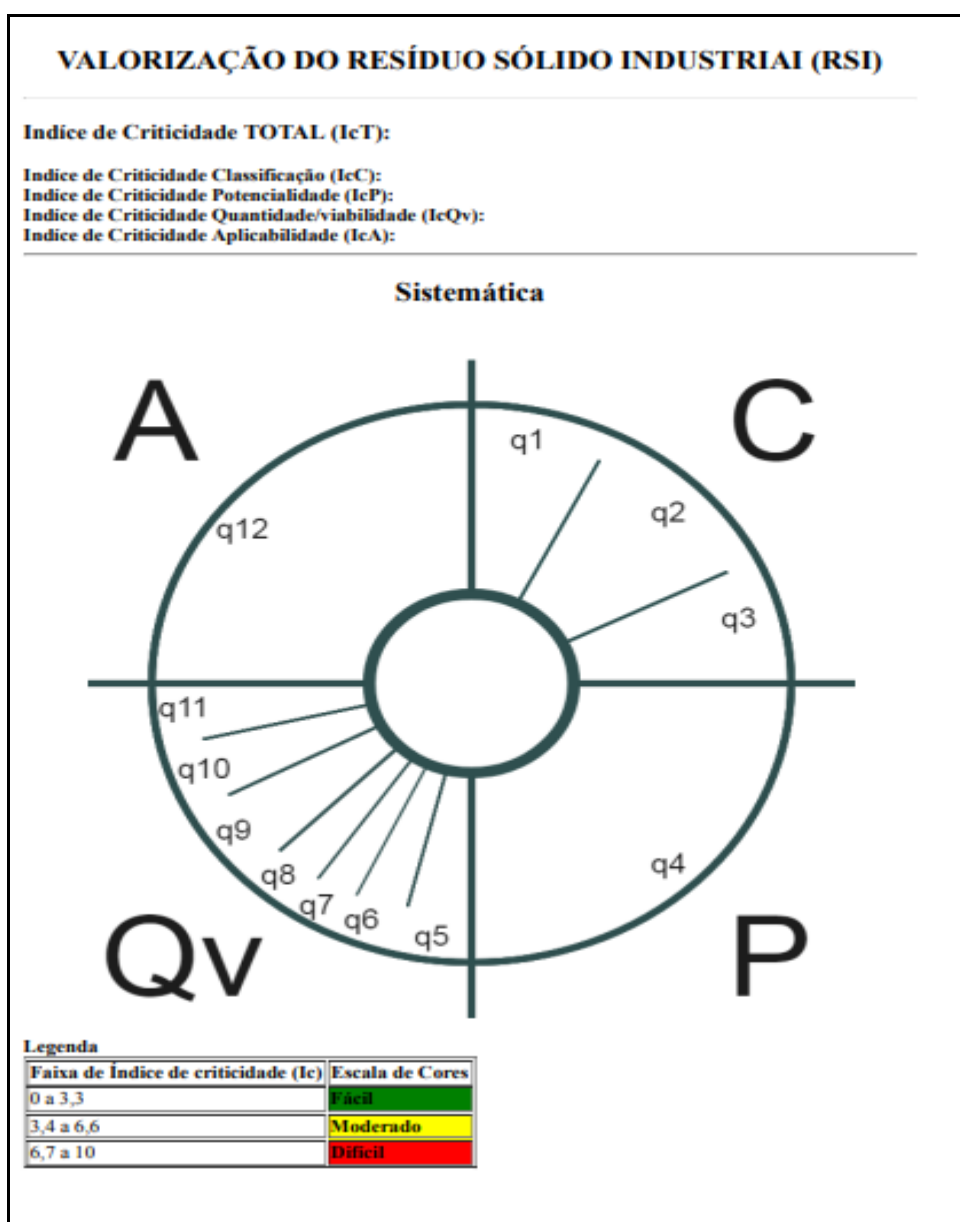
Fonte: Do Autor, 2022.

A disponibilidade das informações no documento depende dos dados respondidos de toda sistemática e salvas no banco de dados principal a cada análise.

A Figura 35 apresenta um exemplo da primeira página de um modelo de documento sem as informações geradas.

O diagrama circular terá o esboço de cores para cada questão e para toda sistemática representada pelos valores de Ic e junto às informações salvas de cada questionamento.

Figura 35 – Modelo de Documento RSI.



Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.1.5 – Meus RSI

Após cadastrar um RSI no banco de dados, são apresentadas informações no sistema, mostrando a identificação e o nome do resíduo com suas respectivas datas/horas de coleta, conforme cadastrado, comprovando a eficiência do CPQvA web em armazenar documentos de análises realizadas, colocando à disposição da geradora ações de tarefas a serem realizadas sobre o RSI valorizado.

Ações podem ser feitas como vender ou não, atrelado ao portal de vendas do sistema Classificados, abrir o documento quantas vezes for necessário para estudos/análises e impressão e excluir a avaliação, conforme a necessidade, compreendendo que estas ações ficam a critério da geradora em sua gestão dentro da ferramenta. A Figura 36 exemplifica o corpo da ferramenta “Meus RSI”.

Figura 36 – Tela Meus RSI.

Identificação	Resíduo	Data/Hora da coleta	Ações	Vender
IDENTIFICAÇÃO: Amostra 001	Areia de fundição	2022-03-20 / 17:00:00	Ver Documento Excluir	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.1.6 – Ponte de relacionamento: Classificados

O sistema opera em apresentar os resíduos valorizados para o mercado consumidor.

A Figura 37 apresenta as informações necessárias do RSI a venda, que se pode ver o documento da valorização, tipo de RSI, empresa geradora deste RSI, cidade da empresa geradora, *e-mail* para contato e data/hora da análise do RSI. A responsabilidade de negociações será entre as partes interessadas por meio do contato de *e-mail* no cadastro.

Figura 37 – Tela Classificados.

RSI	Empresa	Cidade / Estado	Email	Data   Hora	Visualizar Valorização
Areia de fundição	MD REPRESENTACAP	CRICIUMA/SC	diorginesmattos@unesoc.net	2022-03-20   17:00:00	Ver Documento

Fonte: Do Autor, 2022.

## 5.2 BANCO DE DADOS DO SISTEMA

Os dados redigidos no sistema são lançados em formato de informação e armazenados no banco de dados, sendo denotados por meio da programação do sistema. Nesta sessão serão exibidos os elementos dos dois bancos de dados criados, sendo um principal e um secundário.

### 5.2.1 – Banco de dados principal

Todas as informações salvas no banco de dados principal referem-se aos resultados atribuídos aos questionamentos para cada critério. Os dados salvos correspondentes aos critérios são:

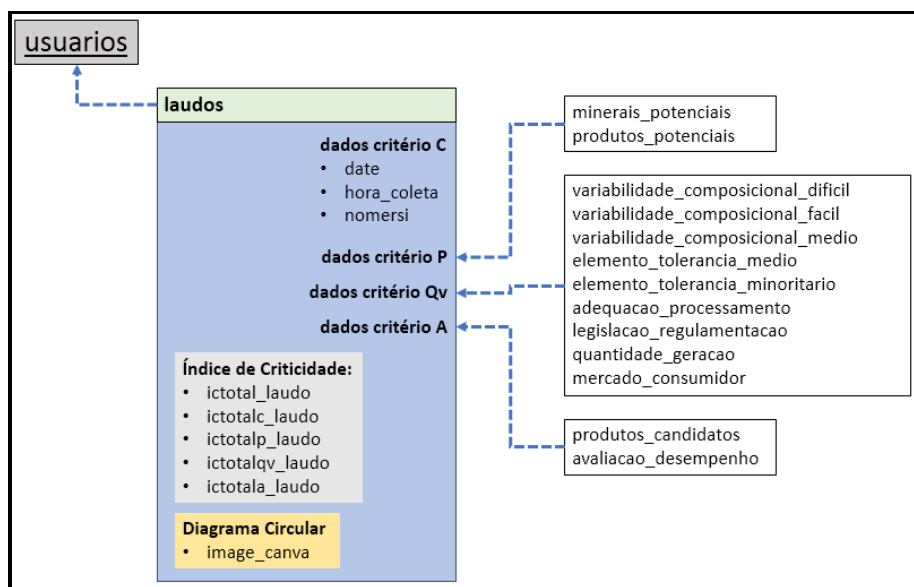
- Critério C – Classificação:
  - (i) cadastro da amostra do RSI, em que é identificado o nome, quantidade gerada e origem do resíduo;
  - (ii) descrição do RSI com seu respectivo código, conforme norma ABNT NBR 10004:2004 e Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002;
  - (iii) classificação e caracterização do lixiviado e solubilizado, que apresenta a classe ambiental na qual o RSI está inserido.
- Critério P – Potencialidade:
  - (i) técnica utilizada para identificação dos elementos químicos presentes no RSI;
  - (ii) composições químicas identificadas pela técnica de caracterização do RSI;
  - (iii) minerais selecionados e difratogramas (DRX) dos óxidos ou elementos majoritários;
  - (iv) produtos potenciais identificados a partir da composição química e mineralógica do RSI.
- Critério Qv – Quantidade/viabilidade:
  - (i) identificação de ajustes dos óxidos ou elementos que apresentam variabilidade composicional do RSI, relacionado com a composição química mineralógica dos produtos potenciais;

- (ii) identificação dos agentes de tolerância aos óxidos ou elementos apresentados na composição do RSI, relacionado com a composição química mineralógica dos produtos potenciais;
  - (iii) forma na qual o RSI está armazenado;
  - (iv) necessidade de adequação ao processamento por parte da receptora, alterações a serem consideradas antes da utilização do RSI;
  - (v) legislações e/ou regulamentações que podem restringir o uso do RSI no processamento para cada produto potencial;
  - (vi) quantidade do RSI gerado relacionado com a quantidade necessária de produção para cada produto potencial;
  - (vii) distância entre geradora do RSI e receptoras, identificando a existência de mercado consumidor para cada produto potencial.
- Critério A – Aplicabilidade:
    - (i) produtos candidatos a serem avaliados seus desempenhos;
    - (ii) avaliação de desempenho para aplicação ao mercado consumidor.
  - Sistemática:
    - (i) resultados do índice de criticidade C;
    - (ii) resultados do índice de criticidade P;
    - (iii) resultados do índice de criticidade Qv;
    - (iv) resultados do índice de criticidade A;
    - (v) resultados do índice de criticidade Total;
    - (vi) diagrama circular com seus respectivos resultados qualitativos.

As informações citadas pertencem à tabela “Laudos”, que se encontra dentro do banco de dados principal, que armazena os valores atribuídos e apresentadas nas ferramentas Meus RSI e Classificados.

Observa-se na Figura 38 o fluxograma utilizado para criar o banco de dados principal. Por obter questionamentos que representam mais de um dado a ser atribuído na tabela “Laudos”, fez-se necessário compreender o comportamento das informações, organização das tabelas relacionadas com outras tabelas e o corpo estrutural da lógica e corpo físico dos dados.

Figura 38 – Fluxograma Banco de Dados Principal.

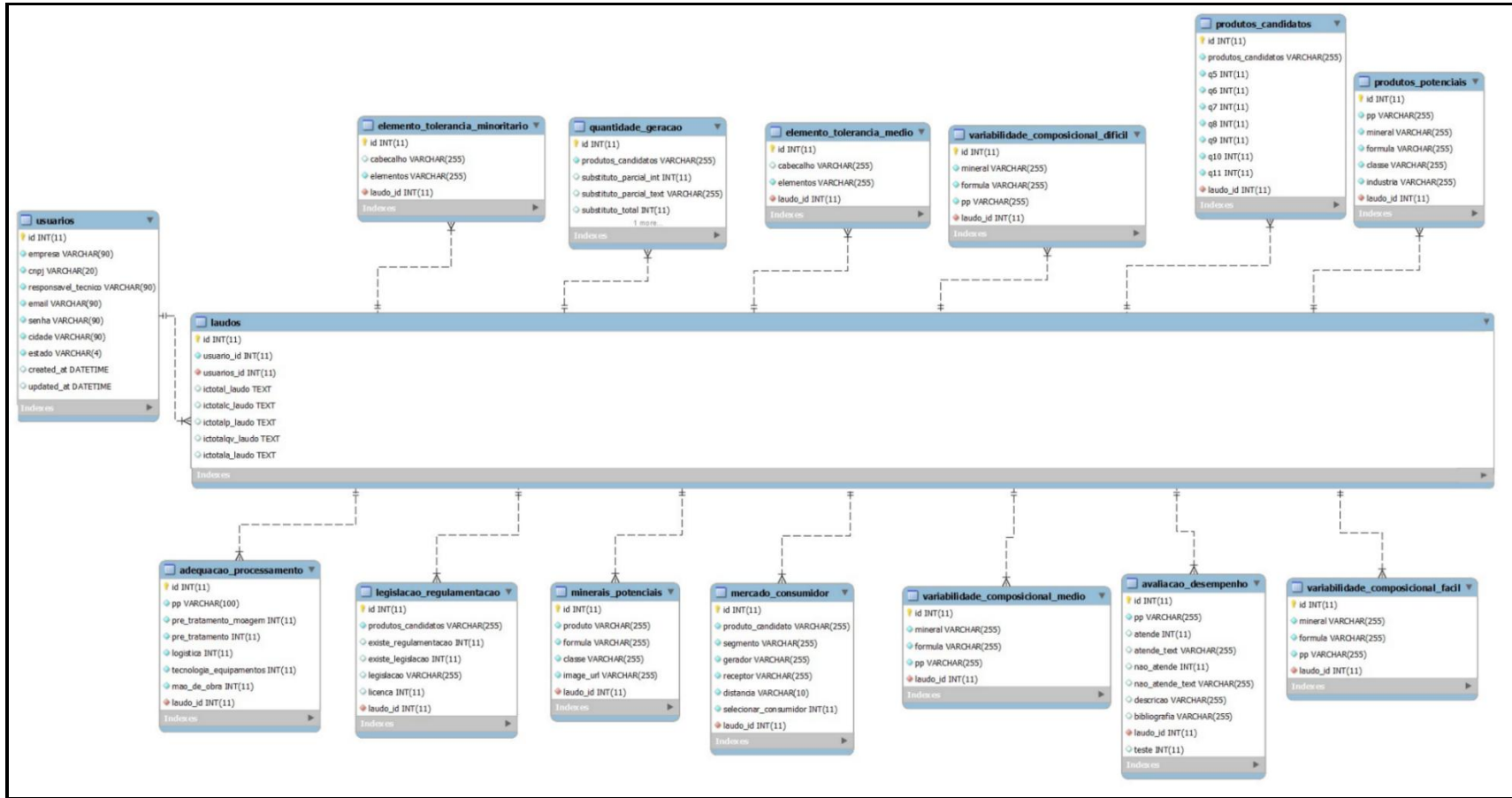


Fonte: Do Autor, 2022.

A partir do fluxograma do banco de dados principal, foram construídas as tabelas conforme organização apresentadas, para que todas as informações pudessem ser registradas e armazenadas de maneira segura e padronizada, identificando o funcionamento das informações dentro do gerenciador *MySQL* e conectados ao sistema *CPQvA web*.

O diagrama da Figura 39 (próxima página) ilustra o formato padrão de atribuições das informações do banco de dados principal e o desenvolvimento lógico pelo sistema de gerenciamento *MySQL*.

Figura 39 – Diagrama Banco de Dados Principal.



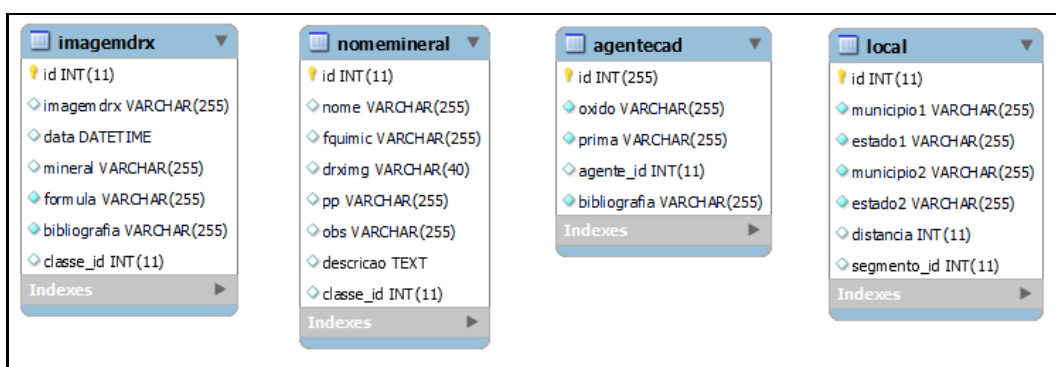
Fonte: Do Autor, 2022

## 5.2.2 – Banco de dados secundário

O banco de dados secundário forma a biblioteca virtual do sistema, ou seja, compõe informações com pesquisas automatizadas que se fazem presentes aos questionamentos dos critérios P e Qv. No critério P utiliza-se o banco de dados secundários Mineralogia e Produtos potenciais, conforme mostrados nos itens 5.1.3.1 e 5.1.3.2. A partir da caracterização da composição química mineralógica, o banco de dados Mineralogia identifica os difratogramas representados pelos elementos majoritários. Após a seleção mineralógica, o banco de dados apresenta os produtos potenciais ao sistema. No critério Qv utiliza-se o banco de dados secundários Agentes e Localização, conforme mostrados nos itens 5.1.3.3 e 5.1.3.4. Para identificar indicadores que possam apresentar mudanças nas características técnicas do produto potencial, relacionado ao uso do RSI na matéria-prima deste processo, o banco de dados Agentes informa o sistema quais elementos que apresentam estes limites de tolerância. Para identificar o mercado de possíveis utilizadores do RSI como matéria-prima no processo de produção, o banco de dados Localização identifica e informa as distâncias entre o gerador e o receptor, por meio do segmento industrial do produto potencial.

A Figura 40 ilustra o diagrama de cada biblioteca inclusa no gerenciador MySQL do banco de dados. As tabelas “*imagemdrx*” e “*nomemineral*” que representam respectivamente o banco de dados Mineralogia e Produtos potenciais para atender ao questionamento do critério P e as tabelas “*agentecad*” e “*local*”, que representam o banco de dados Agentes e Localização, que atendem aos questionamentos do critério Qv.

Figura 40 – Diagrama Banco de Dados Secundário.



Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Nesta etapa serão apresentados os códigos funcionais, de forma resumida, da programação para as ferramentas que compõe o sistema.

#### 5.3.1 – Codificação de autenticação no sistema

A autenticação do usuário funciona por meio de informações cadastrais em um formulário, conforme Figura 41, conectado ao banco de dados principal, relacionada com a tabela de nome “*usuarios*”; os dados informados serão salvos, fazendo parte da identificação de acesso ao sistema.

Figura 41 – Formulário de Cadastro.

```
<form action="/cpqva/entrar/cadastrarUsuario.php" method="post" class="row">
  <div class="form-group col-md-8"><label>Empresa: *</label>
  | <input type="text" name="empresa" class="form-control" required></div>
  <div class="form-group col-md-4"><label>CNPJ: *</label>
  | <input type="text" name="cnpj" class="form-control" maxlength="14" required></div>
  <div class="form-group col-md-4"><label>Responsável técnico: *</label>
  | <input type="text" name="responsavel_tecnico" class="form-control" required></div>
  <div class="form-group col-md-4"><label>Email: *</label>
  | <input type="email" name="email" class="form-control" required></div>
  <div class="form-group col-md-4"><label>Senha: *</label>
  | <input type="password" name="senha" class="form-control" required></div>
  <div class="form-group col-md-6"><label>Cidade: *</label>
  | <input type="text" name="cidade" class="form-control" required></div>
  <div class="form-group col-md-6"><label>Estado: *</label>
  | <input type="text" name="estado" class="form-control" maxlength="2" required></div>
  <div class="form-group col-md-12"><button type="submit" class="btn btn-primary">Salvar</button>
  | <a href="index.php" class="ml-3">Voltar</a></div>
</form>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

O elemento ‘`<form>`’ em *HTML*, para construção de conteúdo em modelo de formulário, recebe as informações cadastrais em suas ‘*inputs text*’, campo de texto, salvas por um botão tipo ‘*submit*’, na qual transporta as descrições informadas nos campos de textos para o banco de dados “*usuarios*”.

Observa-se na Figura 42 a programação em *PHP* para inserir as informações para a tabela “*usuarios*” do banco de dados, na qual a chamada da ação ‘*insert*’ insere para dentro dos dados os valores (‘*values*’) a serem identificados e salvos; assim, faz existir um novo utilizador para o sistema.

Figura 42 – Inserção das Informações.

```
$insert = "INSERT INTO usuarios(empresa, cnpj, responsavel_tecnico, email, senha, cidade,
estado, created_at, updated_at)
VALUES ('$empresa', '$cnpj', '$responsavel_tecnico', '$email', '$senha', '$cidade', '$estado',
'$createdAt', '$updatedAt');"
```

Fonte: Do Autor, 2022.

Cria-se um novo usuário para uso do sistema com *e-mail* e senha cadastrados, no qual o banco de dados por meio da programação aplicada autentica o acesso mediante a identidade informada, conforme demonstrada na Figura 43. Os valores serão validados por um *\$select*, no qual busca a veracidade dos dados, '*\$email*' e '*\$senha*' na tabela "Usuarios", o sistema fica em aberto após confirmação dos valores.

Figura 43 – Autenticação do Usuário.

```
$email = $_POST['email'];
$senha = $_POST['senha'];
$select = "SELECT * FROM usuarios WHERE email = '$email' AND senha = '$senha' LIMIT 1";
```

Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.3.2 – Codificação de acesso as ferramentas do sistema

O sistema CPQvA *web* precisa de um usuário operacional e capacitado para gerir a ferramenta de valorização do RSI. Com esta ênfase e na condição da necessidade de um agente humano, o utilizador deste sistema tem a função de responsável técnico, um profissional habilitado, que executa resultados compreendendo as ferramentas e suas soluções.

Pode-se observar na Figura 44 a codificação em *PHP* que exibe saudação ao responsável técnico cadastrado, assim confirmando autenticação ao uso das ferramentas.

Figura 44 – Mensagem de Saudação.

```
<li class="nav-item active">
  Olá <?php echo $_SESSION['userLogged']['responsavel_tecnico']; ?>
</li>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

As ferramentas estão dispostas no menu superior do sistema, conforme demonstrado na Figura 45.

Figura 45 – Ferramentas do Sistema.

```
<div class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
  <a class="dropdown-item" href="/cpqva/listar.php">Meus RSI</a>
  <a class="dropdown-item" href="/cpqva/cpqva_cadastrar.php">Cadastrar</a>
  <a class="dropdown-item" href="/cpqva/entrar/classificados.php">Classificados</a></div></li>
<li class="nav-item active"><a class="nav-link" href="bancocpqva/index.php" target="_blank">Produtos Potenciais</a></li>
<li class="nav-item active"><a class="nav-link" href="bancocpqva/drx-index.php" target="_blank">Mineralogia</a></li>
<li class="nav-item active"><a class="nav-link" href="bancocpqva/agente-index.php" target="_blank">Agentes</a></li>
<li class="nav-item active"><a class="nav-link" href="bancocpqva/local-index.php" target="_blank">Localização</a></li>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

A classe ‘*dropdown-menu*’, um *plug-in* atribuído ao JavaScript, tem a função de abrir ou fechar a lista suspensa de ferramentas de cadastro, reagindo com interatividade do responsável técnico, apresentando os *links* das ferramentas “Meus RSI”, “Cadastrar” e “Classificados” por meio da *tag* ‘*href*’, localizando e disponibilizando o caminho do arquivo. As ferramentas de biblioteca Produtos potenciais, Mineralogia, Agentes e Localização estão fixadas na barra superior pela classe ‘*nav-item*’, dispondo o caminho do arquivo pela *tag* ‘*href*’.

Para sair da autenticação do sistema, o responsável técnico clica no botão *logout* disposto no canto superior direito, a ação de programação em *PHP*, apresentada na Figura 46, finaliza a sessão pela *array* ‘*session\_destroy()*’ desconectando o usuário e retornando a página inicial do sistema.

Figura 46 – Sair do Sistema.

```
<?php
  session_start();
  session_destroy();
  header('Location: /cpqva/index.php');
  die();
?>
```

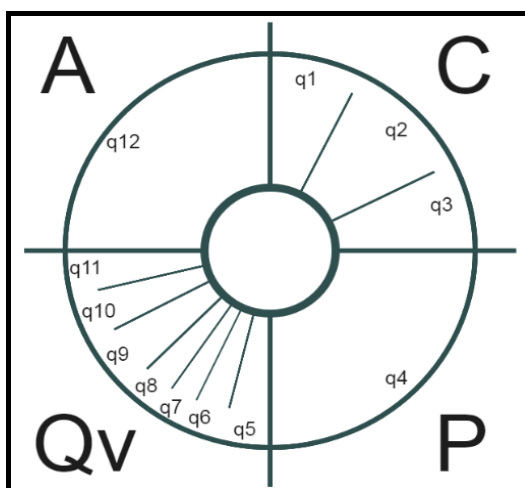
Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.3.3 – Lógica de programação cadastro RSI

Foi desenvolvido no sistema um diagrama circular via linguagem *JavaScript* com elemento do *HTML*, o *Canvas*, que consiste em apresentar os resultados em

formato qualitativo, por meio das repostas dadas para cada questionamento dentro do seu respectivo critério. O diagrama circular ilustrado na Figura 47 exibe os critérios e questionamentos dados por suas iniciais organizadas dentro da área gráfica; utiliza-se na sua programação métodos de contexto definidas para compor linhas resultantes da imagem.

Figura 47 – Diagrama Circular.



Fonte: Do Autor, 2022.

A Figura 48 mostra métodos utilizados na programação. Conforme a Figura 48, o desenvolvimento inicial consiste no elemento '<canvas>', que possui dois atributos, um para largura ('width') e outro para altura ('height'), ambos em unidade de imagem *pixel*; recebe também uma identidade '*id=canvas1*' para recebimento de termos e métodos que formam sua composição gráfica. Os métodos utilizados para criação do diagrama foram:

- (i) *beginPath()*: representa o início de um novo caminho;
- (ii) *moveTo()*: representa o ponto inicial de um caminho em coordenadas x e y;
- (iii) *lineTo()*: representa a adição do ponto inicial em *moveTo()*;
- (iv) *lineWidth()*: representa a espessura da linha;
- (v) *arc()* : representa o diâmetro ou curvas de uma linha;
- (vi) *strokeStyle()*: representa a cor da linha;
- (vii) *fillStyle()*: representa a cor do preenchimento de fundo;

- (viii) *stroke()*: representa a formação das linhas ilustradas formando a imagem.

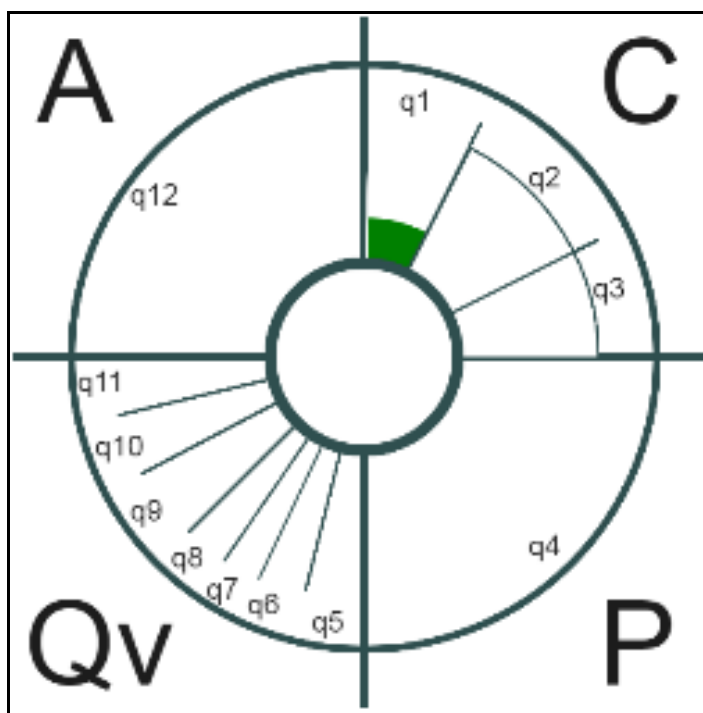
Figura 48 – Métodos Utilizados na Programação.

```
<Canvas id="canvas1" width="600" height="600"></Canvas>
<script>
var canvas = document.getElementById("canvas1");
var contexto = canvas.getContext("2d");
contexto.beginPath();
contexto.moveTo(300, 300);
contexto.lineTo(300, 300);
contexto.arc(300, 300, 200, 1.508 * Math.PI, false);
contexto.lineWidth = 2;
contexto.strokeStyle = 'white';
contexto.fillStyle = "white";
contexto.fill();
contexto.stroke();
</script>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

As ações de expressões das cores, obtidas por meio dos questionamentos do diagrama, serão executadas por meio das respostas do usuário, conforme exemplo da Figura 49.

Figura 49 – Resposta Qualitativa.



Fonte: Do Autor, 2022.

Os valores quantitativos referem-se aos pesos das respostas em um determinado questionamento, que as respostas acionam-se por meio de botões, estruturados na programação do objeto, na qual se preenchem os espaços do diagrama circular com os valores qualitativos.

Figura 50 – Programação de Resposta no Diagrama Circular.

```
<script>
  $('#radio-valor-c1').on('click', function() {
    $('#q1').text('Q1: ' + valorRadio);

    contexto.moveTo(300, 300);
    contexto.lineTo(300, 300);
    contexto.arc(300, 300, 120, 1.508 * Math.PI, false);
    contexto.lineWidth = 2;
    contexto.strokeStyle = 'white';
    contexto.fillStyle = "green";
    contexto.fill();
    contexto.stroke();
  });
</script>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

Na programação apresentada na Figura 50, cada botão tipo radio (*'radio-valor'*) faz uma função de preenchimento de cor pela *'fillStyle'*, conforme sua posição *'arc'* dentro do diagrama.

Para isto foram programados trinta e seis botões para realizar o movimento de cores, conforme posição dentro do diagrama para representar as respostas aos questionamentos de cada critério.

### 5.3.3.1 – Critério C

A caracterização dos resíduos sólidos industriais consiste em determinar os principais aspectos físicos, químicos e biológicos a partir de uma amostra, que os resultados analíticos no sistema CPQvA *web* apresentados. Identifica os constituintes por meio das seleções/descrições do responsável técnico e informada sobre documento de avaliação, contendo as categorias de cada questionamento com seus respectivos parâmetros de origem estabelecidas por norma e regulamentação.

O método de premissas em encaminhar respostas com suas respectivas descrições originais e sustentadas sobre normas de forma documentada, facilita a

caracterização da análise para os questionamentos deste critério. Neste estudo não foram encontrados sistemas lógicos que possuem este tipo de metodologia; esta ação, em outros trabalhos, exige o empenho de caracterização por parte dos responsáveis técnicos, que precisam fazer buscas prolongadas, revisando norma por norma para identificar todas as condições ambientais do resíduo. O desenvolvimento lógico atribuído ao critério C refere-se à classificação, conforme normas ABNT NBR 10.004/2004, 10.005/2004, 10.006/2004, 10.007/2004 e Resolução CONAMA nº 313/2002.

Conforme Figura 51, no primeiro passo da análise, cadastra-se informações de significância do RSI, descreve-se data/hora da coleta, nome da amostra, sazonalidade do material, código de identificação, quantidade gerada, setor industrial e máquinas que geram este resíduo. Estas informações ficam salvas no banco de dados principal para a tabela “Laudos”, que recebe os valores digitados pelo responsável técnico.

Figura 51 – Tela Cadastro RSI.

**CADASTRO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)**

DATA DA COLETA

HORA DA COLETA

AMOSTRA: NOME DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)

Exemplo: areia de fundição...

SAZONALIDADE \* inerente ao processo industrial na produção deste resíduo

Diário

Semanal

Mensal

Semestral

Anual

Identificação	Quantidade	Grandeza
<input type="text" value="Exemplo: RCC 001"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="Escolher..."/>

Setor Produtivo	Máquina ou Equipamento
<input type="text" value="Onde foi coletado RSI - Exemplo: Aciaria / Moldagem ..."/>	<input type="text" value="Exemplo: Forno elétrico a arco / direto / indução..."/>

Fonte: Do Autor, 2022.

Após o cadastro das informações de identificação do RSI, foram desenvolvidas as telas para os questionamentos deste critério.

**Questionamento (q1):** Há legislação que restrinja a valorização do RSI?

Para desenvolver a resposta multicritério deste questionamento, foram utilizadas as informações de categorias de RSI disponível no Anexo H (informativo) para resíduos classificados como não perigosos da norma ABNT 10.004/2004 e Anexo II da Resolução CONAMA (2002) para resíduos perigosos e não perigosos.

Os pesos quantitativos para composição do cálculo do índice de criticidade do critério C (IcC) apresentam grau de dificuldade baixo (peso=0) para os RSI das categorias A001 até A018, por estarem inseridos nos anexos da ABNT 10.004/2004 e Resolução CONAMA nº 313/200,2 como não perigosos classes II, e não possuir materiais biológicos não tóxicos, para as categorias A019 até A029, no qual apresentam materiais orgânicos e biológicos não tóxicos e não perigosos classe II, em que recebem grau de dificuldade médio (peso=5). Os RSI descritos na Resolução CONAMA nº 313/2002, no anexo como perigosos classes I, que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade, recebem grau de dificuldade alto (peso=10). Todas as categorias dos resíduos informados foram cadastradas e estão disponíveis no corpo do sistema, conforme demonstrado no exemplo da Figura 52.

Figura 52 – Descrição do RSI (q1).

Código de identificação - Descrição do resíduo
<input type="radio"/> D001 - Resíduos perigosos por apresentarem inflamabilidade
<input type="radio"/> A001 - Resíduo de restaurante (restos de alimentos)
<input type="radio"/> A002 - Resíduos gerados fora do processo industrial (escritório, embalagens, etc.)
<input checked="" type="radio"/> A003 - Resíduos de varrição de fábrica
<input type="radio"/> A004 - Sucata de metais ferrosos
<input type="radio"/> A005 - Sucata de metais não ferrosos (latão etc.)
<input type="radio"/> A006 - Resíduo de papel e papelão
<input type="radio"/> A007 - Resíduos de plástico polimerizado
<input type="radio"/> A008 - Resíduos de borracha
<input type="radio"/> A009 - Resíduo de madeira

Fonte: Do Autor, 2022.

**Questionamento (q2):** Qual a dificuldade em estabelecer uma amostra representativa do RSI?

A norma ABNT NBR 10007:2004 está cadastrada e exibida no sistema para este questionamento, que representa a disposição do RSI, tipo de amostrador utilizado e formas de coletas da amostra. O grau de dificuldade, representado como baixo (peso = 0), é utilizado quando amostrador e limitações estão de acordo com o recomendado pela norma, para o tipo de disposição na qual se encontra o RSI. O grau de dificuldade médio (peso = 5) é utilizado quando o amostrador usado não é o recomendado pela norma, mas com limitações recomendadas para a disposição do RSI na qual se encontra armazenada. Para o grau de dificuldade alto (peso = 10), o amostrador e as limitações não estão de acordo com a recomendação da norma. Estas lógicas foram atribuídas pelo fato de que foram observados em muitos trabalhos maneiras de coletar amostras, com ferramentas inadequadas e com limitações em desacordo com a norma. Estas informações estão descritas conforme exemplo da Figura 53.

Figura 53 – Representação da Amostra (q2).

Tipo de resíduo	Amostrador recomendado	Limitações/recomendações
<input type="radio"/> Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos	Amostrador de grãos	Utilizar para sólidos com partículas de diâmetros < 0,6 cm
<input type="radio"/> Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos	Amostrador "trier"	Não é recomendado para materiais muito secos
<input type="radio"/> Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos	Outro tipo de amostrador	Utilizar para sólidos com partículas de diâmetros < 0,6 cm

Fonte: Do Autor, 2022.

**Questionamento (q3):** Qual a classe ambiental – legislativa do RSI?

A lógica para criar respostas a este questionamento foram retiradas da norma ABNT NBR 10004:2004, seguindo os passos do fluxograma de caracterização e classificação de resíduos (Figura 3, já apresentada). Foram desenvolvidos

ambientes para todos os anexos disponíveis, retornando ao responsável técnico a classe do resíduo conforme análise.

A avaliação para este questionamento atende o modelo do fluxograma de caracterização de resíduos, em que o grau de dificuldade baixo (peso = 0) representa os valores menores ou iguais aos limites do extrato obtido por ensaio de solubilização, conforme os parâmetros descritos no anexo G e dentro dos limites dos parâmetros do ensaio de lixiviação do anexo F, classificando o RSI não perigoso inerte Classe IIB. O grau de dificuldade médio (peso = 5) caracteriza o RSI não perigoso não-inerte Classe IIA, contendo valores de extrato obtido pelo ensaio solubilizado acima dos limites referentes a cada parâmetro ao anexo G e dentro dos limites do lixiviado, conforme parâmetros do anexo F. Para grau de dificuldade alto (peso = 10), o valor obtido no lixiviado apresenta-se maior que o limite máximo por parâmetro, conforme o anexo F.

Conforme apresentado na Figura 54, observa-se um exemplo do questionamento 3.

Figura 54 – Classe Ambiental (q3).

Anexo G - Padrões para o ensaio de solubilização		
Resultado		
Parâmetro	Limite máximo no extrato mg/L	Valor obtido do extrato mg/L
Aldrin e dieldrin	0.00003	0.00
Alumínio	0.2	0.00
Arsênio	0.01	0.00
Bário	0.7	0.00

Fonte: Do Autor, 2022.

Todos os questionamentos do critério C foram programados por elementos de linguagem da seguinte forma:

- (i) *HTML*: elemento '`<table>`' para descrição dos textos dos anexos e acionados por botão modelo "radio" com identificação ('*id*');
- (ii) *PHP*: salva os dados do '*id*' com a descrição do RSI;



Os elementos químicos selecionados na tabela periódica são apresentados em uma nova tela para ser adicionados os valores de porcentagem de massa, conforme demonstra na Figura 56.

Figura 56 – Tela Elementos Constituintes (q4).

The screenshot shows a software interface titled 'RESULTADO' in a blue box at the top left. Below it, a green box indicates 'Total Análise: 100%'. The main area is titled 'Elementos Químicos' and contains a list of chemical compounds with their corresponding mass percentages. Each entry has a blue 'X' button to its right. The list is as follows:

Elemento Químico	Porcentagem de Massa
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	55
SiO <sub>2</sub>	38
ZrO <sub>2</sub>	5,5
TiO <sub>2</sub>	1,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7

Fonte: Do Autor, 2022.

Com os valores de massa identificados a cada elemento constituinte da análise, o sistema faz a soma das porcentagens de massa, respondendo ao usuário, em formato de mensagem, se o resultado da soma for igual a 100%, é possível dar continuidade à análise; no caso de os valores dar acima ou abaixo de 100%, indica-se um sinal de atenção, exigindo revisão dos valores até que o total seja igual a 100%.

Na Figura 57, pode-se observar os elementos obtidos após a soma da porcentagem total da massa de todos os elementos; por meio da lógica, o sistema separa as composições em elementos potenciais minoritários, intermediários e majoritários, que:

- (i) minoritário: valor de massa < 1;
- (ii) intermediário: valor de massa  $\geq 1$  e < 5;
- (iii) majoritário: valor de massa  $\geq 5$ .

Figura 57 – Elementos Potenciais (q4).

Elementos Potenciais		
Minoritário	Intermediário	Majoritário
K <sub>2</sub> O 0.9 %	TiO <sub>2</sub> 1.5%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 55 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.1 %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.7%	SiO <sub>2</sub> 38 %
Na <sub>2</sub> O 0.5 %		ZrO <sub>2</sub> 5.5 %
CaO 0.1 %		
MnO 0.1 %		
HfO <sub>2</sub> 0.1 %		
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.1 %		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.1 %		

Fonte: Do Autor, 2022.

Os elementos potenciais majoritários encontrados na análise se tornam um termo de pesquisa do sistema para buscar minerais cadastrados no banco de dados Mineralogia. Esta busca é realizada de forma automatizada, conforme programação entre sistema e banco de dados, que envia os minerais para o corpo do sistema que tenham em sua fórmula química elementos ou óxidos idênticos aos termos de pesquisa, assim apresentando os minerais com seus respectivos difratogramas. A partir do exemplo da Figura 58, pode-se observar os elementos ou óxidos encontrados pelo termo de busca.

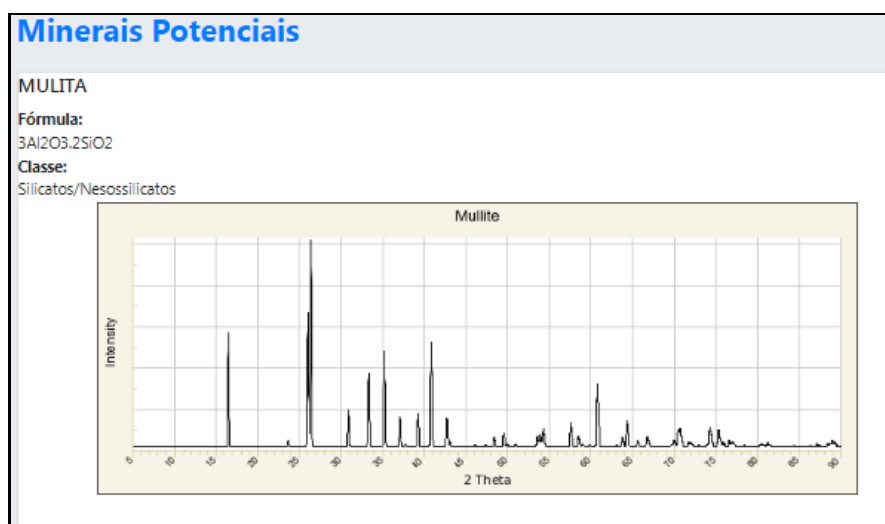
Figura 58 – Seleção dos Minerais (q4).

Mineralogia			
Seleção dos Minerais			
DRX	Mineral	Fórmula	Ações
	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	<a href="#">Selecionar</a>
	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	<a href="#">Selecionar</a>
	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	<a href="#">Selecionar</a>

Fonte: Do Autor, 2022.

Os difratogramas servem para o responsável técnico analisar os picos proporcionais das intensidades dos efeitos de difração, no qual produz um padrão característico em cada estrutura cristalina. Deste modo, auxilia o responsável técnico em selecionar os minerais, como pode-se ver no exemplo da Figura 59.

Figura 59 – Difratogramas (q4).



Fonte: Do Autor, 2022.

Os minerais selecionados de acordo com estudo realizado, a partir dos resultados das difrações de raios X (DRX) pelo responsável técnico, servem como termo de pesquisa para encontrar nos cadastros do banco de dados os produtos potenciais a partir de sua mineralogia e apresentadas ao corpo do sistema, como pode-se observar no exemplo da Figura 60.

Figura 60 – Produtos Potenciais (q4).

<b>Produtos Potenciais</b>				
<b>Produtos Potenciais</b>	<b>Mineral</b>	<b>Fórmula Química</b>	<b>Classe</b>	<b>Indústria</b>
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários
Queimador poroso radiante (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário Conformado

Fonte: Do Autor, 2022.

Neste caso, para avaliar o grau de dificuldade foi utilizada a quantidade de produtos potenciais selecionados da lista de quantidade dos produtos potenciais cadastrados.

Ou seja, utilizando 70% ou mais dos produtos potenciais cadastrados para o mineral em estudo, o grau de dificuldade torna-se baixo (peso = 0); caso utilizar entre 50 a 70% dos produtos potenciais cadastrados para o mineral em estudo, o grau de dificuldade é médio (peso = 5) e na utilização abaixo de 50% dos produtos potenciais cadastrados, o grau de dificuldade é alto (peso=10).

Uma observação importante; a definição apresentada por Oliveira (2017) sobre os valores atribuídos a dificuldade do critério P, está relacionado ao grau da ação de pesquisa, ou seja, facilidade em encontrar produtos potenciais em artigos e dissertações. Como o sistema precisa de uma lógica programada, o autor determinou estes valores como condição plausível ao grau de dificuldade deste critério.

As ações para responder o questionamento do critério P foram programados por elementos de linguagem da seguinte forma:

- (i) *HTML*: usa-se '*<table>*' com alinhamento dos elementos químicos conforme padrão de tabela periódica e textos dos elementos em formato '*<button>*' com identificação ('*id*');
- (ii) *JavaScript*: biblioteca *JQuery* apresenta os elementos químicos da tabela em formato de campo de texto junto com campo de valor numérico para atribuição de porcentagem da massa;
- (iii) *JavaScript*: preenche a resposta qualitativa do diagrama circular pela função `$("#radio-valor").click()` após encontrar os produtos potenciais no banco de dados;
- (iv) *PHP*: faz uma busca no banco de dados com informações dos elementos majoritários na tabela '*imagemdrx*' e produtos potenciais na tabela '*nomemineral*';
- (v) *CSS*: para estilo de cor dos botões em *Bootstrap*.

#### 5.3.3.3 – Critério Qv

**Questionamento (q5):** A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)?

A resposta para este questionamento é obtida pelo sistema de maneira automática de forma programada. Neste caso, faz uma busca de identificação entre a fórmula química dos produtos potenciais com os elementos ou óxidos majoritários, intermediários e minoritários descritos na análise composicional. Assim, obtendo elementos ou óxidos idênticos com a fórmula do produto potencial e apresentando no campo do questionamento, os resultados em ajuste fácil, elementos ou óxidos majoritários idênticos com a fórmula do produto potencial, indicam grau de dificuldade baixo (peso = 0). Os resultados em ajuste médio, elementos ou óxidos intermediários idênticos com a fórmula do produto potencial, indicam grau de dificuldade médio (peso = 5). Por fim, resultados com ajuste difícil, elementos ou óxidos minoritário idênticos com a fórmula do produto potencial, indicam grau de dificuldade alto (peso = 10).

A Figura 61 exemplifica o funcionamento da variabilidade composicional.

Figura 61 – Variabilidade Composicional (q5).



Fonte: Do Autor, 2022.

Os resultados para os ajustes representam a variabilidade composicional, no qual avalia-se a influência do RSI com a variabilidade dos produtos potenciais, que o grau de dificuldade indica o comprometimento ou adequação composicional no uso do resíduo para o processo de produção.

**Questionamento (q6):** Há algum elemento que supere o limite de tolerância no produto(s) potencial(is)?

Por meio da fórmula química do produto potencial, o sistema faz uma busca automática, de forma programada. Seria uma verificação nos elementos ou óxidos intermediários e minoritários da composição química da análise. Neste caso, os elementos ou óxidos idênticos tornam-se um termo de pesquisa para encontrar indicadores cadastrados no banco de dados agentes. Pode-se encontrar ou não elementos ou óxidos presentes no RSI para produzir o produto potencial. Realizando esta identificação, o sistema apresenta no corpo os produtos potenciais que podem apresentar agentes minoritários ou agentes intermediários/médio em suas formulações.

A necessidade de criar o banco de dados Agentes, parte do pressuposto de que é necessário encontrar no RSI indicadores que possam dar características mecânica ou física na matéria-prima pelo processo de fabricação do produto potencial em análise.

Para determinar o grau de dificuldade neste questionamento, avalia-se os elementos de tolerância apresentados no sistema mediante as buscas no banco de dados Agentes. Para quando não existir elementos de tolerância como resultado do questionamento, o grau de dificuldade é baixo (peso = 0); no caso de apresentar apenas agentes intermediários, o grau de dificuldade é médio (peso = 5) e resultados que apresentarem nos agentes minoritários, o grau de dificuldade é alto (peso = 10). A Figura 62 demonstra um exemplo de avaliação dos elementos/óxidos de tolerância.

Figura 62 – Elementos de Tolerância (q6).

Elemento de Tolerância	
AGENTE MINORITÁRIO	AGENTE MÉDIO
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA) -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1.5H <sub>2</sub> O -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2H <sub>2</sub> O -LiF KF Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3SiO <sub>2</sub> (Lepilólito)	Nenhum valor registrado
Queimador poroso radiante (MULITA) -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1.5H <sub>2</sub> O -K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2H <sub>2</sub> O -LiF KF Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3SiO <sub>2</sub> (Lepilólito)	

Fonte: Do Autor, 2022.

**Questionamento (q7):** Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI?

Utiliza-se os códigos de armazenamento conforme Anexo III da Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002, para obter soluções a este questionamento. Precisa-se identificar a disposição na qual se encontra o RSI dentro da empresa geradora, conforme exemplo na Figura 63.

Figura 63 – Armazenagem (q7).

<b>Armazenamento</b>	
<b>Adequação e Armazenagem do RSI</b>	
<input type="radio"/>	Z01 S01 Tambor em piso impermeável, área coberta
<input type="radio"/>	Z11 S11 Tambor em piso impermeável, área descoberta
<input type="radio"/>	Z01.11 S11.11 Tambor em piso sem impermeabilizantes, área descoberta
<input type="radio"/>	Z04 S04 Tanque com bacia de contenção
<input type="radio"/>	Z14 S14 Tanque sem bacia de contenção
<input type="radio"/>	Z01.14 S01.14 Tanque aberto sem bacia de contenção

Fonte: Do Autor, 2022.

Os códigos descritos na norma foram utilizados para programar as dificuldades neste questionamento, no qual os códigos de identificação no ambiente de seleção representados Z01, Z02, Z03, Z04, Z05, Z09, Z12, Z21, Z22 e Z25 recebem grau de dificuldade baixo (peso = 0), que indicam a forma adequada de armazenagem. Os códigos Z11, Z12, Z14, Z15, Z31, Z32 e Z35 obtêm grau de dificuldade médio (peso = 5), que representa a forma adequada no armazenamento e disposta a céu aberto, conforme norma. Para os códigos 'Z01.11 S11.11', 'Z01.14 S01.14', 'Z21.31 S21.31', 'Z05.15 S05.15', 'Z02.12 S02.12', 'Z25.35 S25.35', 'Z22.32 S22.32', 'Z19 S19 e Z13 S13', recebe grau de dificuldade alto (peso = 10) pelo fato de estarem armazenados diretamente no solo a céu aberto.

**Questionamento (q8):** Há necessidade de adequação ao processamento para a receptora do RSI?

Os produtos potenciais serão avaliados por sua adequação ao processamento. Neste questionamento, foi desenvolvida uma tabela com caixas para respostas, conforme Figura 64; o responsável técnico informa o sistema por meio da tabela que condiz a ação a ser realizada.

Figura 64 – Adequação ao processamento (q8).

Adequação ao Processamento					
PRODUTOS POTENCIAIS	Pré-tratamento (Moagem)	Pré-tratamento (Remoção de ferro)	Logística	Tecnologia e equipamentos	Mão de obra
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Queimador poroso radiante (MULITA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Do Autor, 2022.

O grau de dificuldade atribuído para este questionamento vinculado às seleções informadas pelo responsável técnico, diante das adequações a serem realizadas para cada produto potencial.

Caso não exista nenhuma adequação a ser realizada, o grau de dificuldade é baixo (peso = 0). Para respostas identificadas com até duas adequações a serem realizadas, o grau de dificuldade apresentado é médio (peso = 5) para o produto potencial avaliado. Ao obter três ou mais seleções, o grau de dificuldade é alto (peso = 10) para cada produto potencial avaliado.

Ao final, o sistema faz as somas dos pesos e divide pela quantidade de produtos potenciais. O valor resultante indica o resultado qualitativo no diagrama circular, conforme os resultados qualitativos, que peso = 0 a 3,3 representa grau de dificuldade fácil, peso 3,4 a 6,6 representa grau de dificuldade médio e peso = 6,7 a 10 representa grau de dificuldade difícil.

**Questionamento (q9):** Há legislação que regulamenta o(s) produto(s) ou restringe o uso do RSI?

O usuário precisa informar ao sistema neste questionamento as legislações e regulamentações vigentes a cada produto potencial em análise. Concilia-se as informações da legislação ou, caso o RSI retornar ao processo da empresa geradora, informar se existe necessidade de modificação, como pode-se observar na Figura 65.

Figura 65 – Legislação e Regulamentação (q9).

Legislação e Regulamentação				
PRODUTOS POTENCIAIS	Existe Regulamentação Para Produção do Produto Candidato ?	Existe Legislação Para Utilização do RSI 'no' Produto Candidato ?	Legislação	Em caso de uso do RSI na empresa Geradora. Existe Necessidade de Modificação da Licença de Operação?
Filtro cerâmico refratário para metais (MULTA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Queimador poroso radiante (MULTA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Do Autor, 2022.

Para obter o grau de dificuldade o responsável técnico precisa informar a existência de regulamentação e legislação para utilização do RSI no processamento do produto potencial, no caso de reutilização do resíduo na matéria-prima da geradora, informar se há necessidade de modificação. Então, para produto potencial que apresenta regulamentação e legislação, o grau de dificuldade apresenta-se baixo (peso = 0). Para produto potencial que apresenta regulamentação ou legislação, o grau de dificuldade é médio (peso = 5). No caso de apresentar necessidade de o RSI ter modificação na licença para reutilizar na geradora, o grau de dificuldade passa a ser alto (peso = 10) para cada produto potencial.

Ao final, o sistema faz as somas dos pesos e divide pela quantidade de produtos potenciais. O valor resultante indica o resultado qualitativo no diagrama circular, conforme os resultados qualitativos. Neste caso, sendo o peso de 0 a 3,3, é indicado grau de dificuldade fácil. Para peso de 3,4 a 6,6, é indicado grau de dificuldade médio. Por fim, para peso de 6,7 a 10 é indicado grau de dificuldade difícil.

**Questionamento (q10):** A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do(s) produto(s) candidato(s)?

Sobre análise aos processos de produção para transformação do produto a este questionamento, tem-se que ser verificado, se a quantidade de RSI informado pela geradora, atende a quantidade necessária para produzir o produto em estudo.

Neste caso compreende-se a possibilidade do RSI ser um substituto parcial ou um substituto total, e também pode-se avaliar a limitação de RSI gerado, sendo inferior a necessidade solicitada pelo processo.

A seleção e descrição dos valores indica o grau de dificuldade a ser analisado por produto potencial para este questionamento. Para produtos potenciais que apresentarem necessidade de uso do RSI menor que a quantidade/grandeza cadastrado pela geradora, o grau de dificuldade é baixo (peso = 0). No caso da quantidade/grandeza do RSI cadastrado for parcial, o grau de dificuldade obtido é médio (peso = 5). Para utilização maior que a quantidade/grandeza do RSI cadastrado, sendo um substituto total, o grau de dificuldade resulta em alto (peso=10).

Ao final, o sistema faz as somas dos pesos e divide pela quantidade de produtos potenciais, o valor resultante indica o resultado qualitativo no diagrama circular, conforme os resultados qualitativos, que peso = 0 a 3,3 representa grau de dificuldade fácil, peso 3,4 a 6,6 indica grau de dificuldade médio e peso = 6,7 a 10 representa grau de dificuldade difícil. A Figura 66 demonstra a apresentação da quantidade de geração no sistema.

Figura 66 – Quantidade de Geração (q10).

Quantidade de Geração		
PRODUTOS POTENCIAIS	Substituto Parcial	Substituto Total
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	<input type="checkbox"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>
Queimador poroso radiante (MULITA)	<input type="checkbox"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	<input type="checkbox"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	<input type="checkbox"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	<input type="checkbox"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>

Fonte: Do Autor, 2022.

**Questionamento (q11):** Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)?

Para responder a este questionamento, o sistema apresenta as distâncias entre municípios geradores e receptores dos produtos potenciais valorizados em análise. Pode-se observar na Figura 67 as informações cadastradas no banco de dados localização, que realiza-se a busca das distâncias por meio do segmento industrial representada no produto potencial e no receptor, no qual o sistema apresenta os valores igualitários para serem respondidos pelo responsável técnico.

O grau de dificuldade atribuído para este questionamento está vinculado à distância entre o gerador e o receptor. Neste caso, para o produto potencial em análise, no qual a distância apresentada for menor que 150 km, o grau de dificuldade atribuído é baixo (peso = 0), que representa que a geradora e receptora estão nas mesmas proximidades. Caso apresentar distância maior que 150 até 300 km, o grau de dificuldade resultante é médio (peso = 5) e indica que a geradora e receptora estão dentro do mesmo estado em regiões distantes; para distâncias acima de 300 km, o grau de dificuldade é alto (peso = 10) e pode representar estados diferentes entre a geradora e receptora. Ao final, o sistema faz as somas dos pesos e divide pela quantidade de produtos potenciais; o valor resultante indica uma cor de ação no gráfico do diagrama circular, que peso = 0 a 3,3 indica grau de dificuldade fácil na cor verde, peso 3,4 a 6,6 representa grau de dificuldade médio com a cor amarelo e peso = 6,7 a 10 indica grau de dificuldade difícil na cor vermelho.

Figura 67 – Geradores e Receptores (q11).

Mercado Consumidor					
PRODUTOS POTENCIAIS	SEGMENTO	GERADOR	RECEPTOR	DISTÂNCIA	Selecionar Consumidor
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Atatiba/SP	745	Acima de 300Km <input type="radio"/>
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	Acima de 300Km <input type="radio"/>
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Indaiatuba/SP	765	Acima de 300Km <input type="radio"/>
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Jandira/SP	685	Acima de 300Km <input type="radio"/>

Fonte: Do Autor, 2022.

Os elementos de linguagem para desenvolver a programação das respostas para o critério Qv foram descritos da seguinte forma:

- (i) *HTML*: usa-se '`<table>`' para receber os produtos potenciais em linhas e os questionamentos nas colunas com botões "*checkbox*" para informar respostas;
- (ii) *JavaScript*: para armazenar e apresentar coleção de produtos potenciais nas tabelas foi utilizado o objeto global '*array*' em cada questionamento do critério Qv;
- (iii) *JavaScript*: preenche a resposta qualitativa do diagrama circular pela função `$("#radio-valor").click()`, conforme respostas aderidas pelo responsável técnico;
- (iv) *PHP*: faz uma busca no banco de dados com informações dos agentes e localização;
- (v) *CSS*: para estilo de cor dos botões em *Bootstrap*.

#### 5.3.3.4 – Critério A

**Questionamento (q12):** O desempenho do(s) produto(s) atende às exigências de mercado?

Os produtos potenciais serão dispostos sobre uma tabela com seus respectivos pesos quantitativos avaliados no critério Qv, no qual será realizado pelo sistema o cálculo do Ic de cada questão por produto potencial, como demonstrado no exemplo da Figura 68.

Figura 68 – Produtos Candidatos (q12).

<b>Produtos Candidatos</b>							
<b>PRODUTOS CANDIDATOS</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>	<b>Q7</b>	<b>Q8</b>	<b>Q9</b>	<b>Q10</b>	<b>Q11</b>
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	0	0	0	0	0	0	0
Queimador poroso radiante (MULITA)	0	0	0	0	0	0	0
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	0	0	0	0	0	0	0
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Do Autor, 2022.

Os valores resultantes do Ic indicam o grau de dificuldade de cada produto potencial, no qual pode-se tornar produto candidato pela dificuldade moderada ou fácil. Vale salientar que são avaliados apenas os produtos candidatos no critério A.

Os produtos candidatos passam por uma avaliação de desempenho, como observa-se da Figura 69. O responsável técnico informa o sistema com os dados obtidos pelas análises de desempenho com os dados das suas respectivas bibliografias. Pode ocorrer também de não apresentar desempenho adequado em relação às exigências do mercado.

Figura 69 – Avaliação de Desempenho (q12).

**Avaliação de Desempenho**

**Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado  
 Não apresentou desempenho conforme exigências do mercado  
 Não foi avaliado desempenho para este produto candidato

Descrição da avaliação de desempenho :

Bibliografia

Fonte: Do Autor, 2022.

Os produtos candidatos que atendem às exigências de desempenho do mercado consumidor passam a se tornar matéria-prima ou produto, e também correspondem ao grau de dificuldade de fácil aplicação ao gráfico do diagrama circular com valor de peso=0. No caso dos produtos candidatos que não apresenta desempenho, são classificados com grau de dificuldade de difícil aplicação e atribui valor de peso=10. Ao final, o sistema faz as somas dos pesos e divide pela quantidade de produtos candidatos, o valor resultante deste cálculo indica uma ação/posição de movimento no gráfico do diagrama circular. Quando o peso for de 0 a 3,3, o grau de dificuldade é atribuído como fácil. Quando o peso for de 3,4 a 6,6, o grau de dificuldade atribuído é médio. Por fim, quando o peso for de 6,7 a 10, grau o grau de dificuldade é atribuído difícil.

A programação do questionamento do critério A foi definida por meio dos seguintes elementos de linguagem:

- (i) *HTML*: usa-se '`<textarea>`' para receber informações de descrição de desempenho e bibliografia e com identificação ('*id*');
- (ii) *JavaScript*: preenche a resposta qualitativa do diagrama circular pela função `$("#radio-valor").click()` para responder a existência de desempenho no produto candidato.

#### 5.3.3.5 – Índice de criticidade (*Ic*)

Nesta etapa serão apresentadas as codificações desenvolvidas em *JavaScript* para execução do cálculo de *Ic* de cada critério e *Ic* total da sistemática.

O cálculo para receber o resultado do *Ic* do critério C, que recebe os valores de pesos de cada questão respondidas pelo responsável técnico, está codificado conforme Figura 70:

Figura 70 – Codificação *Ic* do critério C.

```

$('#btn-result').on('click', function() {
    var icq1 = (parseInt(radioValue1)*10)/28;
    var icq2 = (parseInt(radioValue2)*8)/28 ;
    var icq3 = (parseInt(radioValue3)*10)/28;
    var totalc = icq1+icq2+icq3;
    $('#ictotalc').text('Índice de Criticidade (C): ' + totalc.toFixed(2));
}

```

Fonte: Do Autor, 2022.

- (i) A variável *icq1*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério C (28);
- (ii) A variável *icq2*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (8) dividido pela somatória do critério C (28);
- (iii) A variável *icq3*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério C (28);
- (iv) A variável *totalc*: soma-se os resultados dos questionamentos do critério C resultando no *Ic* C.

O cálculo para receber o resultado do Ic do critério P, que recebe os valores de pesos de cada questão respondidas pelo responsável técnico, está codificado conforme Figura 71:

Figura 71 – Codificação Ic do critério P.

```
$('#btn-result').on('click', function() {
    var icq4 = (parseInt(radioValue4)*10)/10;
    var totalp = icq4;
    $('#ictotalp').text('Índice de Criticidade (P): ' + totalp.toFixed(2));
});
```

Fonte: Do Autor, 2022.

- (i) A variável *icq4*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério P (10);
- (ii) A variável *totalp*: tem o mesmo valor que a variável *icq4*, resultando no Ic P.

Figura 72 – Codificação Ic do critério Qv.

```
$('#btn-result').on('click', function() {
    var icq5 = (parseInt(radioValue5)*6)/52;
    var icq6 = (parseInt(radioValue6)*8)/52;
    var icq7 = (parseInt(radioValue7)*6)/52;
    var icq8 = (parseInt(radioValue8)*6)/52;
    var icq9 = (parseInt(radioValue9)*10)/52;
    var icq10 = (parseInt(radioValue10)*10)/52;
    var icq11 = (parseInt(radioValue11)*6)/52;
    var totalqv = icq5+icq6+icq7+icq8+icq9+icq10+icq11;
    $('#ictotalqv').text('Índice de Criticidade (Qv): ' + totalqv.toFixed(2));
});
```

Fonte: Do Autor, 2022.

O cálculo para receber o resultado do Ic do critério Qv, que recebe os valores de pesos de cada questão respondidas pelo responsável técnico, está codificado conforme Figura 72:

- (i) A variável *icq5*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (6) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (ii) A variável *icq6*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (8) dividido pela somatória do critério Qv (52);

- (iii) A variável *icq7*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (6) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (iv) A variável *icq8*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (6) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (v) A variável *icq9*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (vi) A variável *icq10*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (vii) A variável *icq11*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (6) dividido pela somatória do critério Qv (52);
- (viii) A variável *totalqv*: soma-se os resultados dos questionamentos do critério Qv resultando no Ic Qv.

O cálculo para receber o resultado do IC do critério A, que recebe os valores de pesos de cada questão respondidas pelo responsável técnico, está codificado conforme Figura 73:

Figura 73 – Codificação Ic do critério A.

```
$('#btn-result').on('click', function() {  
    var icq12 = (parseInt(radiusValue12)*10)/10;  
    var totala = icq12;  
    $('#ictotala').text('Índice de Criticidade (A): ' + totala.toFixed(2));  
});
```

Fonte: Do Autor, 2022.

- (iii) A variável *icq12*: calcula peso informado pelo responsável técnico multiplicado pelo peso da questão (10) dividido pela somatória do critério A (10);
- (iv) A variável *totala*: tem o mesmo valor que a variável *icq12*, resultando no Ic A.

Pode-se observar na Figura 74 o cálculo para obter o resultado do Ic Total da sistemática; conforme codificação, soma-se os totais dos índices de criticidade de todos os critérios (totalc + totalp + totalqv + totala) e após a soma, deve-se dividir o valor resultante pela quantidade de critérios existentes (4).

Figura 74 – Codificação Ic Total.

```
$('#btn-result').on('click', function() {  
    var total = (totalc+totalp+totalqv+totala)/4;
```

Fonte: Do Autor, 2022.

Os valores de Ic de cada critério e total ficam salvos no banco de dados principal na tabela “*laudos*”, no qual mostra-se dentro das informações de avaliação documentada.

O valor qualitativo do Ic total da sistemática preenche o núcleo da imagem no diagrama circular, de acordo com a cor representada pela sua dificuldade resultante.

#### 5.3.4 – Exibição de cadastros da biblioteca

Os produtos potenciais cadastrados no banco de dados servem de base de informação para pesquisa ao questionamento do critério P e exibe-se os valores da tabela ‘*\$nomemineral*’.

Conforme apresentado na Figura 75, os dados da tabela ‘*\$nomemineral*’ são cadastrados por meio de formulário e exibe seus valores na tela principal, que estes dados representam a informação de:

- (i) ‘*pp*’: representa o nome do produto potencial;
- (ii) ‘*nome*’: representa o nome do mineral que constitui o produto potencial;
- (iii) ‘*fquimic*’: representa a fórmula química do mineral;
- (iv) ‘*classe\_nome*’: representa a classe do mineral;
- (v) ‘*obs*’: representa o segmento industrial;
- (vi) ‘*descricao*’: representa a bibliografia de estudo para obtenção das informações cadastradas em produtos potenciais.

Figura 75 – Produtos Potenciais Cadastrados.

```

<td> <?= $nomemineral['pp'] ?> </td>
<td> <?= $nomemineral['nome'] ?> </td>
<td> <?= $nomemineral['fquimic'] ?> </td>
<td> <?= $nomemineral['classe_nome']?> </td>
<td> <?= $nomemineral['obs'] ?> </td>
<td> <?= substr($nomemineral['descricao'], 0, 50) ?>

```

Fonte: Do Autor, 2022.

As informações cadastradas no banco de dados Mineralogia serão utilizadas para pesquisa do questionamento do critério P. Exibe-se os minerais por meio dos elementos majoritários da composição química presente por análise no resíduo.

Observa-se na Figura 76 os valores de dados da tabela '*\$imagemdrx*', que correspondem às informações cadastradas de cada mineral, que:

- (i) '*imagemdrx*': representa a imagem da difração do raios X (DRX) do mineral;
- (ii) '*mineral*': representa o nome do mineral;
- (iii) '*formula*': representa a fórmula química do mineral;
- (iv) '*classe\_nome*': representa a classe do mineral;
- (v) '*bibliografia*': representa a bibliografia de estudo para obtenção das informações cadastradas em minerais.

Figura 76 – Minerais Cadastrados.

```

<td width="100px" height="50px">
<a href="<?php echo $imagemdrx['imagemdrx'] ?>" target="_blank">
</a></td>
<td> <?= $imagemdrx['mineral'] ?> </td>
<td> <?= $imagemdrx['formula'] ?> </td>
<td> <?= $imagemdrx['classe_nome']?> </td>
<td> <?= substr($imagemdrx['bibliografia'], 0, 40) ?> </td>

```

Fonte: Do Autor, 2022.

Para identificação de cromóforos e fundentes na análise da composição química obtida do resíduo, utiliza-se o banco de dados Agentes para pesquisa ao

questionamento do critério Qv, que exibe-se as substâncias por base de dados, cadastradas na tabela '\$agentecad'.

Na Figura 77, pode-se observar os dados que compõe os valores cadastrados na tabela '\$agentecad':

- (i) 'oxido': representa fórmula do óxido correspondente;
- (ii) 'prima': representa matéria-prima que compõe o agente;
- (iii) 'agente\_nome': representa as famílias dos agentes;
- (iv) 'bibliografia': representa a bibliografia de estudo para obtenção das informações cadastradas em agentes.

Figura 77 – Agentes Cadastrados.

```
<td> <?= $agentecad['oxido'] ?> </td>
<td> <?= $agentecad['prima'] ?> </td>
<td> <?= $agentecad['agente_nome']?> </td>
<td> <?= substr($agentecad['bibliografia'], 0, 40) ?>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

Para encontrar receptores dos produtos potenciais em análise e responder ao questionamento do critério Qv, usa-se como base de pesquisa o banco de dados localização, que informa a distância entre as cidades do gerador e receptor.

Como mostra a Figura 78, a tabela '\$local' exibe os dados de cadastro definidos como:

- (i) 'municipio1': representa o município do gerador do RSI;
- (ii) 'estado1': representa o estado do gerador do RSI;
- (iii) 'municipio2': representa o município do receptor do produto potencial em análise;
- (iv) 'estado2': representa o estado do receptor do produto potencial em análise;
- (v) 'distancia': representa a distância em quilômetros entre municípios do receptor e do gerador;
- (vi) 'segmento\_nome': representa o segmento de atividade industrial do receptor.

Figura 78 – Localização Cadastradas.

```

<td> <?= $local['municipio1'] ?>/<?= $local['estado1'] ?> </td>
<td> <?= $local['municipio2'] ?>/<?= $local['estado2'] ?> </td>
<td> <?= $local['distancia'] ?> </td>
<td> <?= $local['segmento_nome']?> </td>

```

Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.3.5 – Ferramenta Meus RSI

Os resultados dos resíduos valorizados e salvos no banco de dados principal serão apresentados pela ferramenta “meus RSI”.

Esta ferramenta foi desenvolvida para fazer gestão destas informações, como imprimir o documento da análise, excluir e ação de vendas.

A Figura 79 demonstra a programação em *PHP* de como foram obtidas as informações de dentro da tabela ‘*\$laudo*’ e apresentadas na tela da ferramenta “meus RSI”.

Figura 79 – Cadastros de Resíduos pelo Usuário.

```

<?php foreach($laudos as $laudo): ?><tr>
  <td><?php echo $laudo['ident']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['nomersi']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['data_coleta'] . ' / ' . $laudo['hora_coleta']; ?></td><td>
    <a href="/cpqva/rsi_detalhes.php?id=<?php echo $laudo['id']; ?>" class="btn btn-info">Ver Documento</a>
    <a href="/cpqva/rsi_excluir.php?id=<?php echo $laudo['id']; ?>" class="btn btn-danger"
      onclick="return confirm('Tem certeza que deseja excluir este laudo?');">Excluir</a></td>
<?php endforeach; ?>

```

Fonte: Do Autor, 2022.

Observa-se na Figura 79, uma estrutura de repetição “*foreach*”, que cria uma coleção de resíduos valorizados pelo mesmo responsável técnico, com os respectivos dados da tabela:

- (i) ‘*ident*’: representa a identificação do RSI;
- (ii) ‘*nomersi*’: representa o nome do RSI valorizado;
- (iii) ‘*data\_coleta*’: representa a data de coleta do RSI;
- (iv) ‘*hora\_coleta*’: representa a hora de coleta do RSI.

As ações de excluir e ver documento estão automatizadas em botões, para ação de venda, conforme Figura 80; está programada por uma “checkbox” dentro de uma classe “switch”, na qual o responsável técnico habilita a venda ou desabilita a venda conforme a necessidade.

Figura 80 – Ação de Venda do RSI.

```
<label class="switch">
  <?php if($laudo['classificado_in'] == 0): ?>
  <input type="checkbox" class="input-checkbox" laudo-id="<?php echo $laudo['id']; ?>">
  <?php else: ?>
  <input type="checkbox" class="input-checkbox" laudo-id="<?php echo $laudo['id']; ?>" checked>
  <?php endif; ?>
  <span class="slider round"></span>
</label>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

### 5.3.6 – Ferramenta Classificados

Ao habilitar a venda do RSI, o documento da análise será disponibilizado no portal Classificados. Conforme mostra a Figura 81, os dados são apresentados pela tabela ‘\$laudos’, em que o portal Classificados recebe todas as informações de todos os usuários que habilitaram seus RSI’s valorizados.

Figura 81 – RSI a Venda.

```
<?php foreach($laudos as $laudo): ?><tr>
  <td><?php echo $laudo['nomersi']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['empresa']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['cidade']; ?>/<?php echo $laudo['estado']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['email']; ?></td>
  <td><?php echo $laudo['data_coleta']; ?> | <?php echo $laudo['hora_coleta']; ?></td>
  <td><a href="/cpqva/rsi_detalhes.php?id=<?php echo $laudo['id']; ?>" class="btn btn-info">Ver Documento</a></td>
</tr><?php endforeach; ?>
```

Fonte: Do Autor, 2022.

Utiliza-se a estrutura de repetição “foreach” organizadas com os seguintes dados do banco de dados:

- (i) ‘nomersi’: representa o nome da matéria-prima;
- (ii) ‘empresa’: representa o nome da empresa fornecedora da matéria-prima;

- (iii) '*cidade*': representa a cidade da empresa fornecedora da matéria-prima;
- (iv) '*estado*': representa o estado da empresa fornecedora da matéria-prima;
- (v) '*email*': representa o contato do fornecedor da matéria-prima;
- (vi) '*data\_coleta*': representa a data de coleta do RSI;
- (vii) '*hora\_coleta*': representa a hora de coleta do RSI.

#### 5.4 ESTUDOS DE CASO: VALORIZAÇÃO DO RSI NO SISTEMA

Nesta seção serão apresentados os resultados da sistemática na valorização do RSI obtidos pela ferramenta CPQvA *web*. Os resíduos avaliados foram:

- (i) casca de cerâmica;
- (ii) areia de fundição.

Os dois resíduos sólidos industriais (RSI) escolhidos, refere-se a termos de diagnóstico funcional, por meio de análise do comportamento lógico do sistema, que o resíduo casca de cerâmica pertencente ao primeiro estudo de Oliveira (2017) aplicado a teoria sistêmica do CPQvA em modelo teórico, utilizado para adaptar a lógica aos resultados dos questionamentos no CPQvA *web*, e também inserido no sistema para avaliação à valorização deste resíduo. O resíduo areia de fundição define o uso do sistema para diferentes avaliações à valorização, agrega dados de informação ao banco de dados, e também abre espaço a novos estudos característicos ao setor metalúrgico para o uso aplicável deste resíduo.

Os anexos 1 e 2 apresentam a informação impressa do sistema, sendo Anexo 1 – Impressão do sistema da sistemática CPQvA *web* para o resíduo casca cerâmica e Anexo 2 – Impressão do sistema da sistemática CPQvA *web* para o resíduo areia de fundição.

##### 5.4.1 – Estudo de caso I: valorização do RSI casca de cerâmica

A maior parte dos resíduos encontrados nas indústrias do segmento metalúrgico refere-se à geração da casca de cerâmica. A casca cerâmica é obtida por processo de desmoldagem dos modelos cerâmicos que são envazados o metal

fundido. Com interesse em validar o funcionamento do sistema, foram utilizados os resultados de análise do RSI casca de cerâmica gerada por uma empresa localizada na cidade de São José/SC, valorizados por meio da ferramenta sistêmica CPQvA de Oliveira (2017).

#### *5.4.1.1 – Resultados do Critério C*

Nesta etapa, a classificação do RSI casca de cerâmica foi avaliada conforme a legislação Brasileira vigente, por meio dos passos que formam o critério C dentro do sistema.

**Questionamento (q1):** Há legislação que restrinja a valorização do RSI?

As informações apresentadas no sistema para serem selecionadas como resposta a este questionamento, referem-se aos códigos regulamentados por norma, CONAMA Resolução nº 313/2002 e ABNT 10004.

Para esta resposta tem-se o código A017, que condiz aos resíduos de refratários e materiais cerâmicos, que não há uma limitação que dificulte a valorização do RSI, ou seja, este resíduo tem possibilidade de ser analisado e avaliado com possíveis aplicações a termo de reutilização.

Estes resíduos são classificados como inertes e não inertes, o valor de resposta para este questionamento considera-se baixo (peso = 0).

**Questionamento (q2):** Qual a dificuldade em estabelecer uma amostra representativa do RSI?

Conforme estudo de Oliveira (2017) para responder este questionamento, foi considerado a sazonalidade do processo referente à geração deste RSI.

A empresa produz aproximadamente 40 toneladas/mês de casca cerâmica, uma quantidade alta que dificulta a relação em estabelecer uma amostra representativa.

A resposta em disposição no sistema refere-se às normas de amostragem de resíduos sólidos de acordo com ABNT NBR 10.007/2004, que dispõe o tipo de resíduo, para este caso sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou

recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos, com amostrador utilizado para grãos maiores que 0,6 cm; neste caso, a dificuldade é alta, representando peso = 10 para a sistemática.

O programa também faz indicação para que a análise seja feita com amostrador de grãos menores que 0,6 cm. A sazonalidade também foi cadastrada, selecionado a geração inerente do processo como diário.

**Questionamento (q3):** Qual a classe ambiental – legislativa do RSI?

A avaliação cadastrada opera em função da amostra de resíduo identificado por Oliveira (2017) como RCC 1 e conferido o seu grau de periculosidade conforme parâmetros da norma ABNT NBR 10.004/2004, estabelecido para caracterização e classificação de resíduos.

Os dados informados ao sistema foram os mesmos registrados por Oliveira (2017), que não apresentam características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade e também não apresentam valores superiores indicados na lixiviação e solubilização, descrevendo o resultado no programa como um resíduo sólido industrial (RSI) não perigoso inerte Classe II B.

Para esta resposta, a sistemática avalia o grau de dificuldade baixo de peso = 0. O sistema CPQvA *web* teve o mesmo resultado que o interpretado por Oliveira (2017).

*5.4.1.2 – Resultados do Critério P*

Nesta etapa, o resíduo em estudo entra no processo de análise de composição química e mineralógica para auxiliar o decisor a encontrar produtos potenciais.

**Questionamento (q4):** A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações?

Conforme Oliveira (2017), para determinar a composição química do resíduo classificado, foi utilizada a técnica de espectrometria de fluorescência de raios X (FRX). Os resultados de porcentagem de massa dos óxidos encontrados pela

técnica (FRX) foram atribuídos na tabela periódica do sistema e seus valores descritos conforme obtidos, como demonstra na Figura 82.

Figura 82 - Composição química (FRX) do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema

<b><u>ELEMENTOS - % MASSA</u></b>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.3 %
SiO <sub>2</sub>	36.2 %
ZrO <sub>2</sub>	5.4 %
TiO <sub>2</sub>	1.4 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.7 %
K <sub>2</sub> O	0.9 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1 %
Na <sub>2</sub> O	0.4 %
CaO	0.1 %
MnO	0.1 %
HfO <sub>2</sub>	0.1 %
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1 %
Perda Ao Fogo	0.1 %
<b>Valores totalizam 100%</b>	

Fonte: Do Autor, 2022.

A soma dos valores de massa dos óxidos totaliza 100%; neste caso, o sistema compreende que não existe falta de valores ou elementos da tabela, a qual automaticamente separa os óxidos conforme sua potencialidade minoritária (massa menor que 1%), intermediária (massa maior ou igual a 1% e menor que 5%) e majoritária ( maior ou igual a 5%).

Na Figura 83, os óxidos com valores minoritários não apresentam nocividade, elementos intermediários Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub> apresentam seus teores no qual

são provenientes do metal fundido vazado e majoritários caracterizam a mineralogia correspondente para indicar produtos potenciais de interesse tecnológico.

Figura 83 - Óxidos Potenciais do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema

Minoritário	Intermediário	Majoritário
K <sub>2</sub> O 0.9 %	TiO <sub>2</sub> 1.4%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 53.3 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.1 %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.7%	SiO <sub>2</sub> 36.2 %
Na <sub>2</sub> O 0.4 %		ZrO <sub>2</sub> 5.4 %
CaO 0.1 %		
MnO 0.1 %		
HfO <sub>2</sub> 0.1 %		
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.1 %		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.1 %		
Perda Ao Fogo 0.1 %		

Fonte: Do Autor, 2022.

O sistema encontra por base de pesquisa automática os minerais cadastrados no banco de dados, que apresentam os óxidos ou elementos majoritários descritos em suas formulações químicas.

Com base no material em estudo, foram selecionados os minerais mulita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), zirconita ( $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ ) e quartzo/sílica ( $\text{SiO}_2$ ), respectivas às imagens de difrações de raios X (DRX) apresentadas no sistema.

Os produtos potenciais apresentados na Figura 84 são selecionados pela autora a partir dos minerais majoritários, em que foram avaliadas como matérias-primas para diversas aplicações, por exemplo cerâmica refratária, fornos, porcelana, materiais resistentes a arrastamento, substratos para conversores catalíticos, dispositivos eletrônicos e outras cerâmicas avançadas.

No banco de dados, foram cadastrados os produtos potenciais conforme a mineralogia presente. Neste sentido, os produtos potenciais podem se repetir pelo fato de obterem mais de um mineral para sua fabricação.

Figura 84 - Produtos Potenciais do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema.

<b>Produtos Potenciais</b>				
<b>Produtos Potenciais: 14</b>	<b>Mineral</b>	<b>Fórmula Química</b>	<b>Classe</b>	<b>Indústria</b>
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários
Queimador poroso radiante (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário Conformado
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	MULITA	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Monolítico
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Areia de Zircão (componente)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Extração do metal háfnio ( $HfO_2$ )	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	QUARTZO	$SiO_2$	Silicatos/Tectosilicatos	Refratário para Queimadores
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	QUARTZO	$SiO_2$	Silicatos/Tectosilicatos	Ref. Monolítico e Conformado
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	$ZrO_2 \cdot SiO_2$	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores

Fonte: Do Autor, 2022.

O nível de dificuldade apresentado no estudo de Oliveira (2017) está ligado à ausência de elementos nocivos na composição do resíduo classificado, e também a facilidade em encontrar produtos potenciais por base de pesquisa. No caso do sistema, a lógica avalia a quantidade existente de cadastros de produtos potenciais para os minerais a serem selecionados, mesmo apresentando elementos nocivos ou não nocivos na composição química. Então, para esta resposta, a sistemática avalia o grau de dificuldade baixo, respectivo ao peso = 0.

#### 5.4.1.3 – Resultados do Critério Qv

Os resultados apresentados neste critério servem para compreender a viabilidade técnica, econômica e ambiental dos produtos potenciais.

**Questionamento (q5):** A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)?

Segundo Oliveira (2017), os resultados para apresentação deste questionamento estão ligados aos teores de variabilidade composicional do resíduo, que pode sofrer ajustes no qual limita ou não o desenvolvimento do produto potencial.

Para este questionamento, o sistema separa os produtos potenciais em três campos diferentes: ajuste difícil, ajuste médio e ajuste fácil, por meio de pesquisa de verificação da fórmula do mineral, buscando a existência de elementos presentes informados em minoritários (para ajuste difícil) e intermediários (para ajuste médio), sobre a composição química e mineralógica em estudo para cada produto.

Os resultados apresentados pelo CPQvA *web* e por Oliveira (2017) têm informações diferentes, pelo fato de não apresentar meios ou caminhos lógicos no sistema, que definem o limite de variabilidade composicional dos elementos químicos do resíduo presentes, para a formação química do produto potencial.

Todavia, os produtos potenciais que obtiveram resultados iguais, o agregado para concreto e o geopolímero, indicaram ajuste fácil por não encontrar elementos minoritários e intermediários em sua formulação mineralógica.

Os demais produtos potenciais também apresentaram ajuste fácil; assim, o RSI analisado apresenta o grau de dificuldade baixo com peso = 0.

**Questionamento (q6):** Há algum elemento que supere o limite de tolerância no produto(s) potencial(is)?

Para este questionamento, Oliveira (2017) identificou o óxido de ferro como principal contaminante, por tornar-se um fator crítico e limitante para avaliar os produtos potenciais.

O sistema CPQvA *web* avalia a formulação dos minerais de cada produto potencial, analisa se existem na formulação do mineral elementos minoritários e

intermediários; existindo o elemento na formulação, a programação do sistema busca no banco de dados agentes dos elementos encontrados como iguais e finaliza respondendo ao questionamento, apresentando os elementos de tolerância encontrados em agente minoritário e agente médio, apresentando cromóforos ou fundentes baseados por esta lógica computacional.

Não foram encontrados elementos de tolerância com base em agentes cromóforos e fundentes no sistema, então o grau de dificuldade é baixo com peso=0.

**Questionamento (q7):** Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI?

Conforme a empresa em estudo por Oliveira (2017), o resultado para esta questão é respondido pela falta de acondicionamento adequado de armazenagem, tal que a geradora dispõe uma parcela do resíduo no pátio da empresa e outra parcela destinada a aterro industrial.

A resposta para este questionamento está em formato de seleção multicritério conforme a resolução CONAMA nº 313, que descreve o modelo correto de armazenagem, no qual foi selecionado a opção que apresenta granel aberto em solo sobre área descoberta. O sistema CPQvA *web* também apresenta um retorno correto para esta seleção, informando que esta opção apresenta forma inadequada, sendo necessário construir ou dispor em área coberta com piso dentro dos padrões.

Para esta resposta, a sistemática avalia o grau de dificuldade alto, por descumprir os padrões de exigências da resolução CONAMA nº 313, peso = 10.

**Questionamento (q8):** Há necessidade de adequação ao processamento para a receptora do RSI?

Segundo Oliveira (2017), as ações de pré-tratamento em moagem precisam ser realizadas em todos os produtos potenciais, por apresentar tamanhos diferentes de partícula (5 a 20 cm). Para os produtos potenciais de agregado para refratário conformado, areia de zircão, agregado refratário para molde de casca cerâmica, areia de suporte para o molde refratário e extração do metal háfnio, tem-se a necessidade em remover o ferro presente, por meio de métodos de separação por

gravidade ou magnética para metais magnéticos e separação eletrostática para metais não magnéticos.

Os produtos potenciais areia de zircão, agregado para revestimento de modelos para microfusão, areia de suporte do molde cerâmico e extração do metal háfnio não dependem da logística de transporte, em que pode-se utilizar na empresa geradora; os demais produtos potenciais necessitam de logística.

Os dados apresentados são informados aos itens de resposta do questionamento, conforme Figura 85, que os produtos potenciais são apresentados nas linhas e as ações, a seguir adequação, são apresentadas nas colunas. As ações informadas para este questionamento completam-se com 'X', que se refere a um valor de peso resultante ao produto potencial analisado.

Figura 85 - Adequação ao Processamento RSI RCC do Relatório Gerado pelo Sistema.

PRODUTOS CANDIDATOS	Pré-tratamento (Moagem)	Pré-tratamento (Remoção de ferro)	Logística	Tecnologia e equipamentos	Mão de obra
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	X		X		
Queimador poroso radiante (MULITA)	X		X		
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	X	X	X		
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	X	X		X	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	X		X		
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	X		X		
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	X		X		
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	X		X		
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	X	X		X	X
Areia de Zircão (componente)	X	X	X	X	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	X		X		
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	X	X		X	X
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	X		X		
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	X	X		X	X

Fonte: Do Autor, 2022.

O grau de dificuldade para este questionamento é alto, representado pelo valor médio de pesos; o cálculo lógico do sistema recebe os pesos de cada ação a ser feita para cada produto potencial, neste caso encontra-se o peso médio=7,14 como resposta.

**Questionamento (q9):** Há legislação que regulamenta o(s) produto(s) ou restringe o uso do RSI?

Com base nas informações aos resultados por Oliveira (2017) para este questionamento, avalia-se os produtos potenciais agregados para revestimento de modelos e, também, areia de suporte do molde cerâmico, a possibilidade em valorizar o reuso na geradora. Neste caso, deve-se alterar apenas a licença de operação para reutilização, conforme controle ambiental em exigência. O produto potencial geopolímero não obtém regulamentação para possíveis aplicações comerciais no Brasil. Os demais produtos potenciais não apresentaram restrições, pelo fato de a atividade estar licenciada conforme o procedimento empregado.

O resultado encontrado pelo sistema, condiz a média de pesos relacionado as ações selecionadas para cada produto potencial, no qual o resultado encontrado para este caso, refere-se ao peso médio=3,57; indica grau de dificuldade médio para o diagrama circular.

**Questionamento (q10):** A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do(s) produto(s) candidato(s)?

De acordo com Oliveira (2017), a proposta em análise não é desenvolver os produtos potenciais somente com resíduo de casca de cerâmica, mas sim utilizá-lo como substituto parcial da matéria-prima.

Com base nesta informação, o resíduo casca de cerâmica assume o valor de dificuldade médio (peso = 5) para todos os produtos potenciais, exceto o agregado para concreto, com valor de dificuldade alto (peso = 10). Mesmo que utilize-se as 40 toneladas do resíduo, este valor torna-se insuficiente, sendo facilmente absorvido para produção nas indústrias de materiais cimentícios, e também deve-se considerar a potencialidade do mineral do resíduo, material refratário composto por mulita e zirconita, antes de aplicá-lo.

O sistema calcula os pesos de cada produto potencial para cada ação selecionada na tabela deste questionamento, que encontra-se para este caso o peso médio=5,36 indicando grau de dificuldade médio no diagrama circular.

**Questionamento (q11):** Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)?

Conforme Oliveira (2017), para responder a este questionamento, foi feita uma avaliação geográfica de possíveis empresas receptoras selecionadas em registros de associações industriais, como a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA) e a Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM).

Os produtos potenciais agregado de concreto e geopolímero não atendem o mercado, pelo fato de não apresentar quantidade viável de produção e falta de regulamentação. O valor de peso = 10 pela dificuldade atribuída.

Os refratários conformados e monolíticos têm um número importante de empresas no estado, por isso o valor de dificuldade é baixo (peso = 0).

O filtro cerâmico apresenta apenas uma empresa do setor no estado, a 170 km de distância da geradora e foi avaliado com grau de dificuldade médio (peso = 5).

As cidades mais próximas que produzem queimador poroso estão localizadas no Estado de São Paulo, existindo uma distância que representa um grau de dificuldade alto (peso = 10).

Os resultados apresentados no programa representam as informações de respostas conforme avaliação de cada produto da análise em estudo; para este caso, o sistema soma os valores de dificuldades e divide pela quantidade de produtos potenciais (14).

As dificuldades recebem os valores de peso conforme a distância entre a cidade do gerador e as cidades receptora, para distância até 150 km recebe peso = 0, para distância entre 150 e 300 km recebe peso = 5 e acima de 300 km recebe peso = 10.

A soma dos valores divididos pela quantidade dos produtos potenciais apresenta o valor do questionamento = 6,79, que indica o grau de dificuldade em alto no diagrama circular.

#### 5.4.1.4 – Resultados do Critério A

Os valores dos questionamentos do critério Qv representam a avaliação individual de cada produto potencial. Realiza-se um processo que afunila a qualidade do RSI para um produto aplicável ao mercado, chama-se de produtos candidatos aqueles que chegam ao critério A (aplicabilidade).

**Questionamento (q12):** O desempenho do(s) produto(s) atende às exigências de mercado?

Conforme apresentado por Oliveira (2017), para os produtos potenciais serem qualificados para produto candidato, busca-se entender as exigências feitas pela viabilidade técnica, econômica e ambiental. Neste caso, os produtos candidatos que recebem até dois valores de pesos igual a 10, faz-se a avaliação do desempenho conforme exibe-se na Figura 86. Os produtos candidatos aprovados foram:

- (i) filtro cerâmico refratário para metais;
- (ii) queimador poroso radiante;
- (iii) agregado refratário para bloco refratário (conformado);
- (iv) agregado refratário para argamassa refratária (monolítico).

Figura 86 - Produtos Candidatos do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema.

PRODUTOS CANDIDATOS	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	0	0	10	5	0	5	5
Queimador poroso radiante (MULITA)	0	0	10	5	0	5	10
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	0	0	10	10	0	5	0
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	0	0	10	10	10	0	5
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	0	0	10	5	10	10	10
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	0	0	10	5	0	5	5
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	0	0	10	5	0	5	10
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	0	0	10	5	0	5	0
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	0	0	10	10	10	0	5
Areia de Zircão (componente)	0	0	10	10	0	10	10
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	0	0	10	5	10	10	10
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	0	0	10	10	0	10	10
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	0	0	10	5	0	10	10
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	0	0	10	10	10	0	5

Fonte: Do Autor, 2022.

A avaliação dos produtos candidatos não obteve o mesmo resultado informado por Oliveira (2017). Destaca-se esta diferença nos resultados dos questionamentos Q5 e Q6, devido aos teores dos elementos que formam os produtos potenciais não avaliados pelos elementos descritos em minoritários e intermediários da composição química do resíduo. Para alcançar este resultado, o critério P precisa de uma atualização nos cadastros, surgindo um novo campo sobre base de estudos, registrando ao sistema os “elementos e teores” que formam um determinado produto potencial.

Quanto aos produtos potenciais reprovados, deve-se considerar que para o uso do resíduo casca de cerâmica no processo das receptoras, faz-se necessário investimento em arranjos físicos, máquinas, contratações, capacitação e equipamentos que automatizam o processo para ter matéria-prima adaptável à transformação. Ressalta-se que a proposta permite avaliar o resíduo com suas adequações econômicas e ambientais. Neste caso, detalhe-se os mesmos termos ao produto candidato agregado refratário para bloco refratário (conformado), que o custo de operação para fabricação do produto candidato fica inviável ao benefício do mercado receptor, obtendo grau de dificuldade alto (peso = 10).

De acordo com estudos embasados em trabalhos e teses apresentados por Oliveira (2017), para avaliar o queimador poroso radiante, foi observado um método inovador, econômico e ambientalmente viável, denominado espumação direta. Os resultados obtidos apresentam semelhanças a partir do RCC, produzido por uma rota não convencional aos queimadores produzidos por rotas de processamento tradicional. Os testes obtidos pela espumação direta ainda são iniciais, mesmo com resultados importantes; pode-se comprometer o mercado receptor no processo seriado industrial, pode-se atingir o desempenho de qualidade do produto em sua transformação. Neste caso, o grau de desempenho avalia-se como difícil de ser aplicado ao mercado (peso = 10).

O produto candidato filtro cerâmico, de refratário aplicado a filtração de metais fundidos, obtido pelo método de réplica de esponjas poliméricas, apresenta boa eficiência e tecnicamente viável ao uso de RCC para aplicação. Para este caso, o produto candidato foi avaliado com grau de dificuldade baixo quanto ao seu desempenho (peso = 0).

O agregado refratário para argamassa refratária (monolítico) destina-se a aplicação em argamassa com menores temperaturas de serviço, em virtude do teor

de ferro presente, e como chamote para fabricação de refratários conformados. Obtém resultados potenciais com aplicação do RCC, sendo reutilizado no processo de transformação por meio da moagem. Por indicar bom desempenho de aplicação, o grau apresenta-se baixo (peso = 0).

#### 5.4.1.5 – Índice de Criticidade RCC

Conforme pesos relativos ao grau de dificuldade resultante de cada questionamento, forma-se o comportamento do diagrama circular. Pode-se observar o empenho de entrada do RCC a partir do primeiro questionamento (q1) até a saída (q12) dentro dos seus respectivos critérios CPQvA.

Os índices de criticidade de cada critério no sistema são encontrados por meio de cálculo (conforme equação 1) e respondidas ao final da análise. Os índices de criticidade de classificação e potencialidade (IcC e IcP) apresenta-se em grau de dificuldade baixo:

- Índice de Criticidade Classificação (IcC): 2,86;
- Índice de Criticidade Potencialidade (IcP): 0,00.

No critério Qv, os produtos potenciais são avaliados quanto aos seus ajustes aos processos, desde equilíbrio dos elementos químicos, adequações aos receptores e segmentos mercadológicos. Faz-se, nestes questionamentos, análises diferentes a cada produto potencial, indicando produtos potenciais com avarias e determinando os produtos candidatos a serem desempenhados prestes a transformação industrial a partir do RCC. Deste modo, os índices de criticidade para Quantidade/viabilidade e Aplicabilidade (IcQv e IcA) demonstram-se com os valores a seguir:

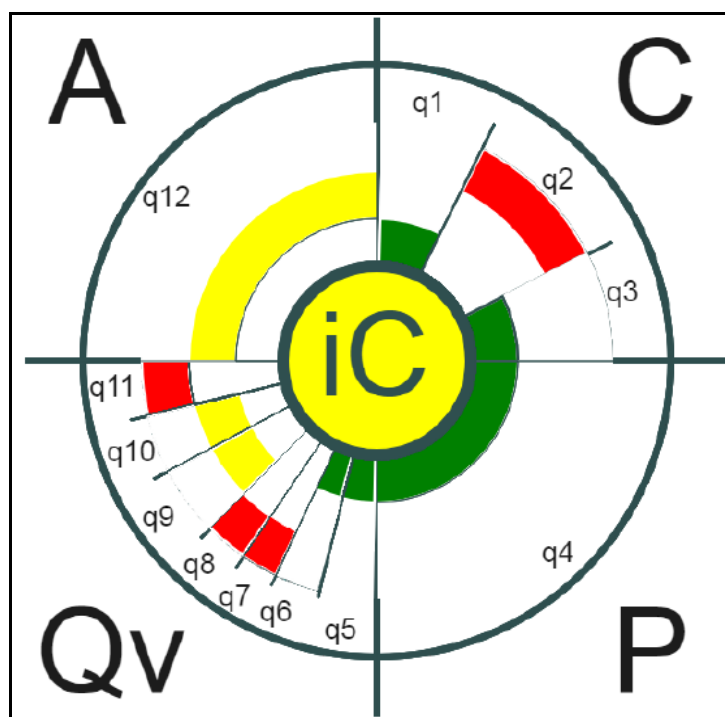
- Índice de Criticidade Quantidade/viabilidade (IcQv): 5,38;
- Índice de Criticidade Aplicabilidade (IcA): 5,00.

Conforme apresentado por Oliveira (2017), o índice de criticidade total da sistemática está vinculado a cada produto aplicável. Neste caso, aplica-se a soma dos Ic's dos critérios CPQv, mais o peso de cada produto aplicável do critério A.

Neste sistema, o índice de criticidade total (IcT) refere-se à soma dos Ic's dos critérios CPQvA e divide-se por 4, que representa a quantidade dos critérios,

assim informando o comportamento do RCC dentro da análise. A dificuldade encontrada, por base no índice de criticidade total (IcT) da sistemática para análise do resíduo casca de cerâmica (RCC), recebe o grau médio com índice de criticidade total (IcT) = 3,31.

Figura 87 - Diagrama Circular do RCC Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema.



Fonte: Do Autor, 2022.

Conforme a Figura 87, pode-se observar o comportamento qualitativo dos resultados de cada questão dos critérios CPQvA para o resíduo casca de cerâmica (RCC) e, também, pode-se obter o resultado qualitativo do índice de criticidade total (IcT) de toda sistemática. Os resultados apresentados pelo sistema indicam validação possível comparados com a sistemática de Oliveira (2017).

#### 5.4.2 – Estudo de caso II: valorização do RSI areia de fundição

Em pesquisas e estudos realizados em empresas e universidades têm-se discutido alternativas de reaproveitamento dos resíduos de areia de fundição (ADF), por deter um alto descarte anual em aterros; deste modo aumentando imposições da legislação ambiental e possíveis modificações quando a reutilização.

A proposta desta análise tem como objetivo apresentar produtos aplicáveis com ADF, no qual o RSI gerado pertence a uma empresa do setor metalúrgico localizada em Nova Veneza/SC.

#### 5.4.2.1 – Resultados Critério C

Os questionamentos deste critério representam a classificação do RSI de areia de fundição, avaliados dentro do sistema, conforme as legislações vigentes.

**Questionamento (q1):** Há legislação que restrinja a valorização do RSI?

Conforme Resolução CONAMA nº 313/2002 e ABNT NBR 10004, a categoria A016 se refere à areia de fundição. Não demonstra uma limitação que dificulte a valorização do RSI, no qual estes resíduos são classificados como inertes e não inertes.

**Questionamento (q2):** Qual a dificuldade em estabelecer uma amostra representativa do RSI?

Produz-se, em média, 400 toneladas/mês do RSI de areia de fundição pela empresa, com disposição do resíduo em montes ou pilhas. Para coleta das amostras, utilizou-se uma pá como amostrador; neste caso, inconsistente conforme a norma ABNT NBR 10.007/2004, embora seguindo as orientações de coleta, que as amostras foram coletadas das superfícies dos montes. Neste caso o grau de dificuldade é médio, com peso = 5 no diagrama circular.

**Questionamento (q3):** Qual a classe ambiental – legislativa do RSI?

Os dados apresentados ao ADF avaliam-se aos parâmetros da norma ABNT NBR 10.004/2004, no qual não apresentam características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, com indicação não superiores do extrato do lixiviado. Na solubilização, apresentou valores superiores em alumínio (referência 0,2 mg/L), valor obtido por análise de 0,8 mg/L e ferro (referência 0,3 mg/L), valor obtido de 1,12 mg/L.

Assim, refere-se o RSI como não perigoso não-inerte Classe II A, indicando o grau médio de dificuldade com peso = 5 no diagrama circular.

#### 5.4.2.2 – Resultados Critério P

Nesta seção, o RSI de ADF classificado entra em um processo de análise mineralógica por meio das composições químicas presentes, facilitando a busca dos produtos potenciais.

**Questionamento (q4):** A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações?

A técnica utilizada para determinar a composição química do RSI foi FRX, no qual constam os óxidos presentes apresentados na Figura 88.

Figura 88 - Composição Química FRX do ADF Retirado do Relatório Gerado no Sistema

<b><u>ELEMENTOS - % MASSA</u></b>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.401 %
CaO	0.05 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.252 %
K <sub>2</sub> O	0.05 %
MgO	0.05 %
MnO	0.05 %
Na <sub>2</sub> O	0.05 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05 %
SiO <sub>2</sub>	96.756 %
TiO <sub>2</sub>	0.05 %
BaO	0 %
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05 %
PbO	0 %
SrO	0 %
ZnO	0.05 %
ZrO <sub>2</sub> /Hf	0.05 %
Perda Ao Fogo	2.041 %
<b>Valores não totalizam 100%</b>	

Fonte: Do Autor, 2022.

A partir da composição química, o sistema CPQvA *web* separa os óxidos pelos seus valores de massa em minoritária (massa menor que 1%), intermediária (massa menor ou igual a 1% e menor que 5%) e majoritária (massa maior ou igual a 5%). Conforme Figura 89 observa-se o teor majoritário para um único óxido, neste caso dióxido de silício conhecido como sílica, indicado por DRX o mineral de quartzo/sílica.

Figura 89 - Óxidos Potenciais de ADF Retirado Do Relatório Gerado no Sistema

Minoritário	Intermediário	Majoritário
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.401 %	Perda Ao Fogo 2.041%	SiO <sub>2</sub> 96.756 %
CaO 0.05 %		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.252 %		
K <sub>2</sub> O 0.05 %		
MgO 0.05 %		
MnO 0.05 %		
Na <sub>2</sub> O 0.05 %		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.05 %		
TiO <sub>2</sub> 0.05 %		
BaO 0 %		
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.05 %		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.05 %		
PbO 0 %		
SrO 0 %		
ZnO 0.05 %		
ZrO <sub>2</sub> /Hf 0.05 %		

Fonte: Do Autor, 2022.

Os materiais apresentados no sistema, conforme Figura 90, estão cadastrados no banco de dados de produtos potenciais referentes à mineralogia identificada pelo RSI do ADF.

Figura 90 - Produtos Potenciais de ADF Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema.

Produtos Potenciais	Mineral	Fórmula Química	Classe	Indústria
Massa asfáltica	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Pavimentação Asfáltica
Blocos de concreto para construção civil	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Construção Civil
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Pavimentação Asfáltica
Argamassa	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Construção Civil

Fonte: Do Autor, 2022.

A valorização de ADF, conforme trabalhos, teses e artigos em estudo, representam em diversos estudos a adaptação deste RSI nos segmentos de construção civil e pavimentação asfáltica, selecionados. Deste modo, o grau de dificuldade representa baixo com peso = 0 no diagrama circular.

#### 5.4.2.3 – Resultados Critério Qv

Neste critério, observa-se por análise a viabilidade técnica, econômica e ambiental de cada produto potencial.

**Questionamento (q5):** A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)?

Os produtos potenciais de construção civil e pavimentação asfáltica são os setores que viabilizam a valorização de ADF, por conta de suas características parecidas com as características das matérias-primas. Para argamassa, bloco de concreto e sextavado para pavimento intertravado, o ADF pode ser potencialmente substituído no lugar da areia convencional, pelo fato de obter compostos como sílica, que combinados aos produtos do cimento, resulta em um composto que confere maior resistência (CAMPOS et al., 2020); para outros casos, na produção de produtos como vidros, tijolos e fritas, o ADF gera gases tóxicos relacionados ao aquecimento do processo de transformação, dificultando em resultados que viabilizam o desempenho.

A resposta no sistema para este questionamento apresenta o grau de dificuldade baixa (peso = 0), não sendo necessário ajuste para estes produtos potenciais.

**Questionamento (q6):** Há algum elemento que supere o limite de tolerância no produto(s) potencia(is)?

Para o produto potencial massa asfáltica, se faz necessário analisar o teor do óxido SiO<sub>2</sub>, no qual pode-se constar adesividade insatisfatória no conjunto betume-agregado. Os trabalhos da literatura mostram que não houve insatisfação relacionada à má aglomeração das partículas de ADF com agente aglomerante (SIROMA, 2018).

Apesar de saber que as ADF podem ter resinas fenólicas, não foram encontrados elementos que superem o limite de tolerância nos produtos potenciais em estudo, que o grau de dificuldade apresentado pelo sistema ordena-se baixo com peso = 0.

**Questionamento (q7):** Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI?

O RSI de ADF apresenta forma inadequada de armazenagem, disposto no solo em área descoberta, sendo necessário construir ou arranjar local de área coberta com piso dentro dos padrões, conforme Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. O grau de dificuldade está vinculado à presente forma de armazenagem, indicando grau alto em avaliação pelo sistema com peso = 10.

**Questionamento (q8):** Há necessidade de adequação ao processamento para a receptora do RSI?

Para o produto potencial massa asfáltica, as recomendações da Norma Rodoviária DNER 083/98 quanto a granulometria em aplicação do RSI são demonstradas a seguir. Estudos reportados na literatura (MORAIS, 2019; SIROMA, 2019) mostram que a substituição de areia comum ou pó de pedra por ADF é possível até aproximadamente 10%. Neste caso, não é necessário um pré-tratamento em moagem, inovações tecnológicas e mão-de-obra a processos de melhoria do resíduo.

No caso dos produtos potenciais argamassa, bloco de concreto e sextavado para pavimento intertravado, o uso do ADF na composição da matéria-prima pode apresentar teores que variaram de 10 a 50% em sua granulometria, o qual atesta menor massa específica que a da areia natural, havendo maior porosidade por apresentar vazios em seu aspecto técnico (CAMPOS et al., 2020).

Neste caso a granulometria do ADF apresentado em estudo compõe valores menores que 10%, evitando o processamento de moagem em pré-tratamento para a receptora.

A logística não será necessária aos receptores nas proximidades da cidade que está situada a geradora. Pelo fato de o custo financeiro ser alto para destinar ao aterro sanitário, neste caso a geradora poderia assumir inclusive o custo de

transporte. Para todos os produtos potenciais a remoção de ferro ou alumínio torna-se desnecessário.

O grau de dificuldade para este questionamento é baixo, com peso = 0, por não apresentar adequação ao processamento do ADF na receptora.

**Questionamento (q9):** Há legislação que regulamenta o(s) produto(s) ou restringe o uso do RSI?

Os produtos potenciais apresentados não apresentam restrições ao processo de utilizar RSI de ADF como composto para a matéria-prima em seu processo de transformação. Ressalta-se a Lei Estadual nº 17479, que dispõe a autorização para artefatos de concreto e camadas de pavimentação.

O grau de dificuldade apresentado ao questionamento é baixo, com peso = 0, por não apresentar restrições de lei aos produtos potenciais em estudo.

**Questionamento (q10):** A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do(s) produto(s) candidato(s)?

Para a produção de massa asfáltica, vale salientar que a geradora dispõe de 400 toneladas/mês de ADF, o qual pode ser incorporado a um dos agregados da massa asfáltica, em substituição parcial ao pó de pedra.

Neste caso, o grau de dificuldade é médio (peso = 5), por ser um substituto parcial para receptora. Para os produtos potenciais de blocos de concreto para construção civil, concreto sextavado para pavimento intertravado e argamassa, mesmo utilizando todo o resíduo, não supre a necessidade das receptoras de acordo com o volume de produção, para este caso, o grau de dificuldade é alto (peso = 10).

O grau de dificuldade resultante para este questionamento representa-se médio, com peso do questionamento igual a 6,25.

**Questionamento (q11):** Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)?

Conforme informado no questionamento 'q8' deste critério, determina-se o custo logístico por conta da geradora para receptores nas proximidades de Nova

Veneza/SC, pelo fato dos valores financeiros atribuídos à destinação do ADF nos aterros sanitários serem altos.

Compreendendo a rota logística da geradora até o aterro sanitário localizada em Içara/SC, pode-se encontrar no *Google Maps* (GOOGLE, 2022):

- 13 empresas de artefatos de cimento;
- 9 empresas de concreto;
- 5 empresas de usina de asfalto.

Avaliando a disposição do mercado regional para o mercado de concretos, artefatos e usinas de massa asfáltica, que industrializam os produtos potenciais em estudo, existem oportunidades de uso do ADF como matéria-prima para receptoras nas proximidades da geradora.

Neste caso, o grau de dificuldade é baixo, avaliado com peso = 0 no diagrama circular.

#### 5.4.2.4 – Resultados Critério A

Neste critério será avaliado o desempenho dos produtos candidatos quanto ao seu desempenho à aplicação.

**Questionamento (q12):** O desempenho do(s) produto(s) atende às exigências de mercado?

Os estudos de Campos (2020), Campos (2022), Morais (2019), Santos (2019) e Siroma (2019) mostram valorização do resíduo de ADF como agregado a matéria-prima para segmentos de construção e massa asfáltica e demonstram resultados importantes em suas propriedades que contribuem para os custos da receptora e para o benefício ambiental.

Analisando o comportamento aos questionamentos do critério Qv, vimos a facilidade de valorizar os produtos potenciais quanto a sua adequação, viabilidade técnica, econômica e principalmente ambiental.

Observa-se na Figura 91 os produtos candidatos a serem avaliados pelo seu desempenho de mercado.

Figura 91 - Produtos Candidatos de ADF Retirado do Relatório Gerado pelo Sistema.

<b>PRODUTOS CANDIDATOS</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>	<b>Q7</b>	<b>Q8</b>	<b>Q9</b>	<b>Q10</b>	<b>Q11</b>
Massa asfáltica	0	0	10	0	0	5	0
Blocos de concreto para construção civil	0	0	10	0	0	10	0
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	0	0	10	0	0	10	0
Argamassa	0	0	10	0	0	10	0

Fonte: Do Autor, 2022.

Os produtos candidatos: massa asfáltica, blocos de concreto para construção civil, blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado e argamassa tiveram seus desempenhos avaliados por meio de resultados de teses, dissertações e artigos (CAMPOS 2020; CAMPOS 2022; MORAIS, 2019; SANTOS 2019; SIROMA, 2019)

Para responder ao desempenho da massa asfáltica, foi avaliada a incorporação de ADF em diferentes materiais tradicionais utilizados para construção de base e sub-base do pavimento de asfalto; conforme Morais (2019), os materiais foram caracterizados quanto ao aspecto granulométrico, o que possibilitou projetar misturas de modo a satisfazer faixas de trabalho. As misturas projetadas foram submetidas a ensaios mecânicos de Índice de Suporte California (ISC) e Módulo de Resiliência. As misturas com teores de 12 e 2% de ADF apresentaram capacidade de suporte, chegando a apresentar ISC de 267,50 e 111,35%; as misturas contendo teores de 12 e 38% de ADF apresentaram grande variabilidade quanto às características resilientes. Os ensaios apresentaram resistência, estrutura de alta densidade e suscetíveis à deformação, podendo ser utilizada para construção de bases e sub-bases de asfaltos. Por apresentar aplicabilidade aos testes desempenhados, o grau de dificuldade é baixo (peso = 0).

Segundo Campos et al. (2019), o bloco de concreto é amplamente utilizado na construção civil brasileira, no qual o ADF pode ser composto para substituição à areia comum. Para elaborar os testes de concreto, foram substituídos areia comum por ADF em 12, 19 e 25%, submetidos a ensaios de resistência à compressão na idade de 28 dias, conforme norma ABNT NBR 6136, comparados a resultados de blocos com agregados comuns.

Os testes apresentaram resultados aplicáveis a desempenho e visto pela presença da sílica, propriedades pozolânicas como a impermeabilidade e durabilidade

do concreto. Portanto, avalia-se o grau de dificuldade baixo (peso = 0) para aplicabilidade de ADF em blocos de concreto.

Outro produto candidato à aplicação é o bloco de concreto sextavado para pavimento intertravado, utilizado para pavimentação de estradas. De acordo com Santos (2019), a análise consistiu em realizar misturas de ADF em substituição total ao agregado miúdo utilizado ao processo tradicional. Foram submetidos a resistência à compressão axial e absorção de água, conforme norma ABNT NBR 9781 para peças de concreto utilizados em pavimentos. Os resultados apresentaram aceitação, que o bloco de concreto obteve resistência mecânica à compressão  $\geq 35$  MPa e absorção de água por imersão de 6%, atendendo à norma e comprovando desempenho aplicável do bloco de concreto para pavimentação, indicando grau de dificuldade baixo (peso = 0).

A substituição de ADF pela areia comum para preparação de argamassa demonstrou resultados inferiores, indicando fatores para sua não utilização. De acordo com Campos et al. (2020), a utilização de ADF acarreta na diminuição de propriedades mecânicas e durabilidade por apresentar fissuras ou vazios. Para encontrar um bom desempenho, foi combinado resíduo de isoladores elétricos de porcelana (IEP) com a areia de fundição. Os resultados apresentaram desempenho de resistência e diminuição de expansão, quando combinados com teores de 2/3 de IEP e 1/3 de ADF, no qual as cargas de rupturas foram elevadas atingindo 34,8 MPa para as idades de 365 dias. Com base a estas condições o grau de dificuldade é alto (peso = 10), mesmo apresentando resultados de importância, principalmente nas questões ambientais, com a utilização de dois resíduos distintos e combinados, os testes apresentados ainda são preliminares; aparentemente, os autores buscaram uma solução sem comprovações de teste em larga escala.

#### 5.4.2.5 – Índice de Criticidade ADF

Após responder aos questionamentos, o sistema forneceu os resultados dos índices de criticidade (Ic) aos critérios CPQvA e Ic total da sistemática.

Para reforçar o funcionamento do sistema, foi avaliado o RSI de ADF na sistemática CPQvA, com intenção de cadastrar novos produtos potenciais e entender o comportamento da lógica programável com o comportamento das ações de cada questionamento à valorização.

As informações declaradas no critério C demonstram que o ADF é considerado um RSI não perigoso não-inerte Classe IIA, no qual não apresentou valores acima do limite máximo no lixiviado, mas apresentou valores acima da referência no solubilizado; neste caso alumínio e ferro, determinando o grau de dificuldade médio, pois considera-se um RSI não perigoso. O resultado de Ic apresentado pelo sistema foi:

- Índice de Criticidade Classificação (IcC): 3,21.

Para o critério P, foram encontrados em dissertações, artigos e teses produtos potenciais avaliados com ADF de importância significativa aos setores de construção civil e pavimentação asfáltica. A areia de fundição (ADF) utilizada para análise, refere-se à geradora do setor de fundição, situada na cidade de Nova Veneza/SC, pertencendo aos municípios que compõe a AMREC (Associação dos Municípios da Região Carbonífera). Conforme análise composicional mineralógica, obtemos o dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) e quartzo, sendo o mineral majoritário potencial. O resultado de Ic do sistema apresentado por este critério corresponde:

- Índice de Criticidade Potencialidade (IcP): 0,00.

Os questionamentos respondidos no critério Qv, em média, apresentaram resultados de importância, mesmo com maioria indicando grau baixo na sistemática. Sobre análise ambiental entende-se a disponibilidade do ADF para o mercado no Estado de Santa Catarina, dada por lei de nº 17479, a qual autoriza a valorização do RSI, facilitando o uso para a receptora como matéria-prima em diferentes processos ligados ao segmento de construção civil e pavimentação asfáltica. O Ic deste critério indica:

- Índice de Criticidade Quantidade/viabilidade (IcQv): 2,12.

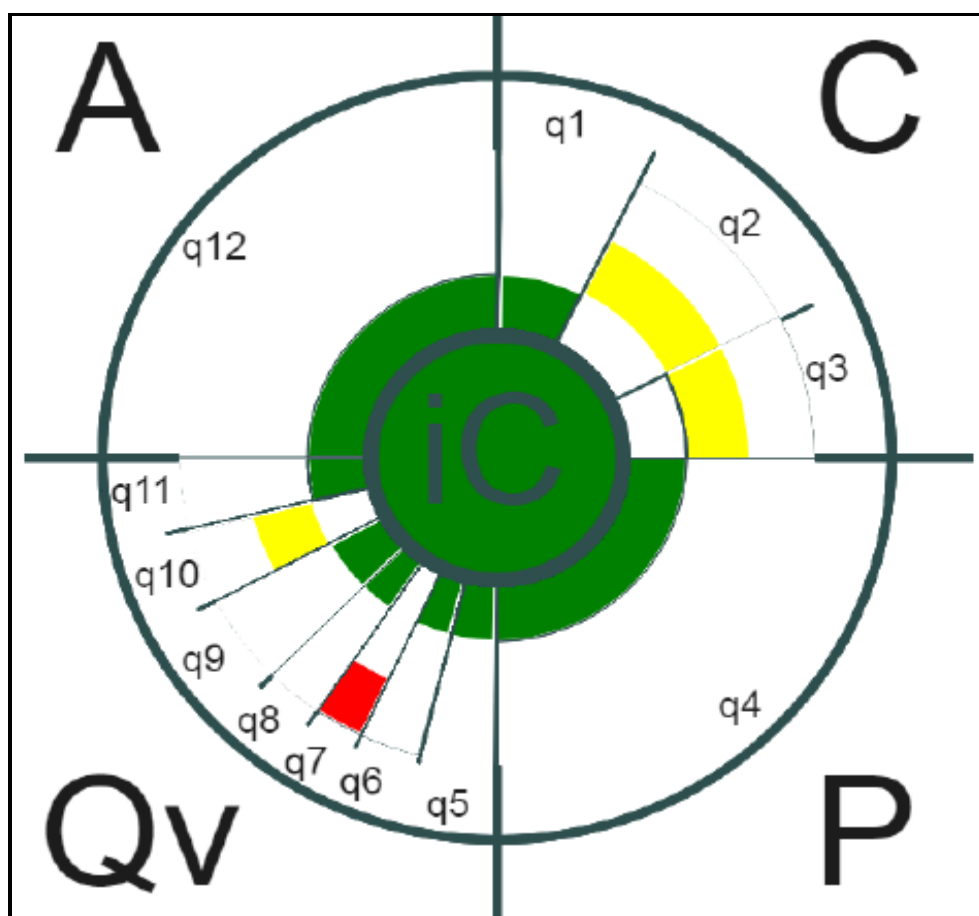
O desempenho dos produtos potenciais apresentados no critério A indica o uso do ADF como agregado para a matéria-prima aos processos de transformação da massa asfáltica, bloco de concreto para construção civil e bloco de concreto sextavado para pavimento intertravado. Por compreensão dos segmentos e dos produtos identificados para análise, por apresentarem características iniciais pastosas e após secagem apresenta-se sólida, não podemos indicar que os resultados serão os mesmos. Existem normas diferentes para cada situação avaliativa dispostas sobre

normas da ABNT ao produto candidato, com testes que representam características mecânicas e físicas adequada a cada aplicação. O produto candidato argamassa não ofereceu desempenho aplicável ao mercado, por não apresentar comportamento sobre um processo em grandes quantidades. O resultado  $I_c$  para este critério foi:

- Índice de Criticidade Aplicabilidade ( $I_{cA}$ ): 0,00.

Com os valores  $I_c$  resultantes de todos os critérios, pode-se ter o índice de criticidade total da sistemática apresentado na Figura 92.

Figura 92 - Diagrama circular ADF retirado do relatório gerado pelo sistema.



Fonte: Do Autor, 2022.

O comportamento do RSI na valorização do ADF na sistemática indica a possibilidade de realizar mais estudos sobre a utilização em processos industriais, no qual compreende-se resultados de aspectos econômicos e ambientais ao uso deste subproduto. O  $I_c$  total, representado nesta valorização, é:

- Índice de Criticidade TOTAL ( $I_{cT}$ ): 1,33.

Os resultados obtidos na valorização do resíduo casca de cerâmica (RCC) com os resultados obtidos na valorização de areia de fundição (ADF), em comparação, pode-se ver a diferença dos índices de criticidade dada a cada critério, que o valor para o IcC-Classificação ficou maior para o ADF, apresenta classe ambiental não perigoso não-inerte Classe II A. O RCC indica ser não perigoso inerte Classe II B, obtendo valores de alumínio e ferro inferiores aos limites resultantes apresentados na solubilização do ADF.

Os índices de criticidade IcQv e IcA apresentam diferenças maiores para o RCC, pelo fato de apresentarem adequações ao resíduo na geradora e ao processo de produção na receptora, exigindo custos em obter um substituto a matéria-prima, diferente para o ADF, que os custos apresentam menores a adequação e favorecem o uso como substituto a matéria-prima.

## 6 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um sistema de informação utilizando a sistemática CPQvA, com objetivo de contribuir ao processo na tomada de decisão relacionado à valorização de resíduos sólidos industriais. O sistema em estudo está composto por respostas para cada questionamento, selecionados por meio de multicritérios, que configuram os resultados por ações de pesos sobre valores quantitativos e qualitativos, reagidos em movimento de gráfico do diagrama circular, representando o índice de criticidade pela dificuldade de um RSI se tornar um produto viável para determinados e derivados processos de transformação.

O processamento de acesso ao sistema desenvolvido e denominado CPQvA *web*, exige referências cadastrais para criar um novo usuário dentro do banco de dados principal. Pode-se executar funções como valorizar um novo resíduo, salvo em banco de dados e disposto no ambiente chamado Meus RSI. Neste ambiente permite ao usuário organizar e gerenciar os resíduos sólidos industriais valorizados, nestes cadastros salvos pode-se excluir, ver documentos, imprimir e colocar o documento gerado pelo sistema à disposição do mercado receptor, ou seja, uma ponte de relacionamento entre gerador e receptor designado portal Classificados.

Possui também um banco de dados secundário, necessário para padronização das informações essenciais, tais como; Mineralogia, Produtos Potenciais, Agentes e Localização, que alimentam as funções automáticas de pesquisas do sistema, replicando informações auxiliares para as respostas aos questionamentos contidos nos critérios P e Qv.

O estudo central desta dissertação refere-se à valorização dos resíduos sólidos industriais casca de cerâmica e areia de fundição por meio da sistemática CPQvA *web*, para validação do funcionamento lógico desenvolvido. O resíduo casca de cerâmica (RCC) em análise pelo critério C, não apresentam características perigosas e também, não apresentam valores superiores indicados aos extratos de lixiviação e solubilização, sendo assim, um RSI não perigoso Classe II B, resultado descrito pelo sistema. Os produtos potenciais encontrados no critério P; filtro cerâmico refratário para metais, queimador poroso radiante, agregado refratário para bloco refratário (conformado), agregado para revestimento de modelos para microfusão, geopolímero, agregado refratário para argamassa refratária (monolítico), areia de zircão (componente), extração do metal háfnio, agregado para concreto (materiais

cimentícios) e areia de suporte do molde cerâmico. Possuem em sua formação os elementos químicos majoritários presentes no RSI de RCC, dispostos sobre análise de difratogramas, identificando; mulita ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), zirconita ( $ZrO_2 \cdot SiO_2$ ) e quartzo/sílica ( $SiO_2$ ), minerais aplicados em diversos produtos de materiais cerâmicos.

Os produtos potenciais avaliados no critério Qv, foram comparados sua viabilidade tecnicamente para processar e/ou produzir a partir do RSI de RCC. Para isto o RCC precisou de ações referidas em sua qualidade, como; pré-tratamento antes da utilização pela receptora, remoção de ferro para processamento de produtos de refratário e revestimento, adequação as regulamentações de uso e logística ao mercador receptor. Como o sistema compreende as questões econômicas e ambientais, foram selecionados os produtos candidatos a aplicação; filtro cerâmico refratário para metais, queimador poroso radiante, agregado refratário para bloco refratário (conformado) e agregado refratário para argamassa refratária (monolítico), e avaliados o desempenho de cada produto candidato no critério A; o agregado refratário para bloco refratário (conformado) e queimador poroso radiante não atendem as exigências de mercado, apresentam custos em adequações operacionais inviáveis e métodos de produção em pequenas escalas. Os produtos candidatos que apresentaram desempenho eficiente com o uso de RCC como substituto foram; o filtro cerâmico refratário para metais e agregado refratário para argamassa refratária (monolítico).

Com base na valorização do RSI de RCC, o sistema validou o funcionamento da programação adaptada em tecnologia de informação, mostrou que os valores de índice de criticidade encontrados tanto para a casca cerâmica para a sistemática realizada de forma manual por Oliveira (2017), quanto pela sistemática CPQvA *web* foram muito similares. A sistemática automatiza a busca e a pesquisa de resultados embasados na ciência e engenharia de materiais.

Os resultados descritos na valorização de ADF foram atribuídos no sistema para obtenção de dados importantes de outros RSI, neste caso foi analisado o comportamento da ferramenta diante de estudos diferentes na qual comprovou a importância do desenvolvimento e criação deste sistema. O índice de criticidade do critério C foi de 3,21, para o critério P foi de 0 (zero), para o critério Qv 2,12 e para o critério A foi de 0 (zero). O principal ponto que ainda impede a valorização da areia de fundição é o critério C, que índices de Al e Fe ultrapassam os limites de solubilização.

Por fim, o índice de criticidade total do sistema para a areia de fundição foi de 1,33. Este índice indica um grau fácil de valorização deste resíduo, com potencial substituição parcial em produtos da indústria de transformação desde que não passe por tratamento térmico.

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Um sistema de informação está sempre em constante desenvolvimento, durante o uso, o comportamento de novos resíduos será avaliado, e conseqüentemente pequenas modificações serão necessárias. Neste sentido, algumas sugestões de melhorias já podem ser listadas para trabalhos futuros:

- i) Projetar o sistema a uma tecnologia *Business Intelligence* (BI);
- ii) Criar *Dashboard* de acompanhamento dos RSI de todo sistema;
- iii) Ampliar as informações de cadastros das empresas;
- iv) Inserir o CES *selector* como banco de dados de pesquisa;
- v) Desenvolver um portal de relacionamento com ferramentas de pesquisas avançadas com canais de comunicação;
- vi) Estudar uma nova ferramenta vinculada a logística de RSI conforme legislações vigentes.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13596:1996 - Tecnologia de informação - Avaliação de produto de software - **Características de qualidade e diretrizes para o seu uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 12207 – Tecnologia de informação - **Processos de ciclo de vida de software**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas. NBR 10.004. **Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas. NBR 10.007. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas. NBR ISO 9000-3. **Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR 19001**: ao desenvolvimento, fornecimento e manutenção de "software". Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

AZEVEDO, J. L. (2015). **A Economia Circular Aplicada no Brasil**: Uma Análise a Partir Dos Instrumentos Legais Existentes para a Logística Reversa. In: Anais, XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. (Vol. 11). Rio de Janeiro: CNEG, 2015.

BARBOZA, Douglas Vieira; SILVA, Fábio Aquino da; MOTTA, Wladimir Henrique; MEIRIÑO, Marcelo Jasmim; FARIA, Alexandre do Valle. Aplicação Da Economia Circular Na Construção Civil. **Economia Circular**, [s. l.], 2019.

CALLISTER, W. D. and D. G. Rethwisch, **Materials Science and Engineering**: An Introduction, vol. 8. Eighth Edition, 2009.

CAMPOS, Marco Antonio et al. **Argamassas com agregados alternativos: Potencialidade do emprego de areia de descarte de fundição e isoladores elétricos de porcelana.** Campinas/SP, 2020.

CAMPOS, Marco Antonio et al. **Blocos de concreto com areia de descarte de fundição:** Um case de sucesso de viabilidade econômica, propriedades mecânicas e de durabilidade. In: CONGRESSO ABIFA DE FUNDIÇÃO, 18., 2019, Campinas. Anais Campinas: ABIFA, 2019. Disponível em: <https://www.abifa.org.br/conaf/trabalhos/>. Acesso em: 10 abril. 2022.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 120 CONAMA no 313, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais,** 2002.

DEVMEDIA. **A gestão de conhecimento e a TI.** Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/a-gestao-de-conhecimento-e-a-ti/29377> Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

DEVMEDIA. **Engenharia de Requisitos: introdução e certificação.** Disponível em <https://www.devmedia.com.br/engenharia-de-requisitos-introducao-e-certificacao/28058> Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

DEVMEDIA. **Linguagem PHP.** Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/guia/linguagem-php/38780> Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

EMF Ellen MacArthur Foundation. Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial, 2017.

FILHO, Sérgio Thode; MACHADO, Carlos José Saldanha; VILANI, Rodrigo Machado; PAIVA, Julieta Laudelina; MARQUES, Mônica Regina da Costa. A Logística Reversa e a PNRs: Desafios para a Realidade Brasileira. **Logística Reversa,** Santa Maria/RS, 2015.

GIANNETTI B. F. e ALMEIDA C. M. V. B. **Ecologia Industrial**, 2006. Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <https://rb.gy/j7gmww>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Relatório de Pesquisa: Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Rio de Janeiro: setembro de 2012.

KNEIPP, Jordana Marques; GOMES, Clandia Maffini; BICHUETI, Roberto Sc hoproni; MÜLLER, Liara de Oliveira; MOTKE, Francies Diego. Gestão estratégica da inovação sustentável: um estudo de caso em empresas industriais brasileiras. **Inovação**, São Bernardo do Campo/SP, 2018.

LAFUENTE, B, Downs R T, Yang H, Stone N, **The power of databases: the RRUFF project**. In: Highlights in Mineralogical Crystallography, T Armbruster and R M Danisi, eds. Berlin, Germany, W. De Gruyter, pp 1-30, 2015.

LOPES, Gabriela Durrer. Um panorama das ações de valorização dos resíduos sólidos industriais no município de Piracicaba/SP. **Valorização**, Piracicaba/SP, 2017.

MELLO, Thilly Hanna Cardoso de; SEHNEM, Simone. Gestão De Resíduos Sólidos: Um Estudo De Caso Na Cetric: (Central De Tratamento De Resíduos Sólidos Industriais) De Chapecó/Sc. **Gestão e Classificação**, Chapecó/SC, 2016.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos**, SINIR, 2014. Disponível em: <http://sinir.gov.br/web/guest/sobre-o-sinir-detalhes>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

MORAIS, Manuella de. **Avaliação da Aplicação de Areia Descartada de Fundação em Bases e Sub-Bases de Pavimentos Asfálticos**, Erechim/RS, 2019.

OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQVA Para a Valorização de Resíduos Sólidos Industriais. **Um Guia Para Tomada de Decisão**, Florianópolis/SC, 2017.

PAIXÃO, J. F. et al. **Caderno de Diagnóstico: Resíduos Sólidos de Transportes Terrestres: Rodoviários e Ferroviários** (2011). Disponível em: [http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/07\\_CADDIAG\\_Res\\_Sol\\_Transp\\_Rod\\_Ferrov.pdf](http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/07_CADDIAG_Res_Sol_Transp_Rod_Ferrov.pdf). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

PAIXÃO, J. F. et al. **Caderno de Diagnóstico: Resíduos Sólidos Industriais** (2011). Disponível em: [http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/05\\_CADDIAG\\_Res\\_Sol\\_Industriais.pdf](http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/05_CADDIAG_Res_Sol_Industriais.pdf). Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

PERS/SC, Plano Estadual De Resíduos Sólidos Estado De Santa Catarina. **Apoio A Elaboração De Planos De Resíduos Sólidos Estaduais**. Disponível em: [http://www.perssc.premiereng.com.br/documentosdow/Livro%20PERS\\_Final.pdf](http://www.perssc.premiereng.com.br/documentosdow/Livro%20PERS_Final.pdf). Acesso em: 16 de fevereiro de 2020.

PHP. **O que é o PHP?**. Disponível em: [https://www.php.net/manual/pt\\_BR/intro-what-is.php](https://www.php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php). Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

PNMA. **Política Nacional do Meio Ambiente**, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

PNRS. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos** (Versão Preliminar para Consulta Pública). Ministério do Meio Ambiente: Brasília, setembro de 2011.

RAUPP-PEREIRA, F. **Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentícias**. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais. 267 f. Universidade de Aveiro. Aveiro, 2006.

SANTOS, Luis Fernando. **Caracterização e reaproveitamento das areias descartadas de fundição (ADF): na produção de blocos de concreto sextavado para**

pavimento intertravado. Dissertação de Mestrado – Programa de PósGraduação em Ciências e Tecnologia de Materiais. Presidente Prudente/SP, 2019.

SILVA, Aldriene Divina Costa da. **Etanótipos database:** culturas agroenergéticas utilizadas para a produção de etanol.2019.43f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia. Palmas, 2019.

SIROMA, Rodrigo Shigueiro. **Avaliação da deformação permanente em misturas asfálticas densas formuladas:** com areia descartada de fundição (ADF). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Mecânicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

START-BOOTSTRAP. **Temas.** Disponível em: <https://startbootstrap.com/theme/sb-admin-2> Acesso em: 10 de abril de 2020.

TAVARES, A. S. **A cadeia produtiva da Indústria Química no contexto da Economia Circular.** 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a Implantação de um Parque Industrial Ecológico:** Uma Proposta para o PIE Paracambi. 2007. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.



**CADASTRO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)**

DATA COLETA: 2017-12-10

HORA COLETA: 17:00

NOME DA AMOSTRA REPRESENTATIVA (RSI): Resíduo Casca de Cerâmica

SAZONALIDADE DO RESÍDUO: Diário

IDENTIFICAÇÃO: RCC 01

Quantidade da Amostra: 40t

Setor Produtivo onde foi coletada a amostra: Fundição

Máquina ou equipamento referente a geração do resíduo: Desmoldagem

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES SOBRE O RESÍDUO: No processo de fundição de precisão, também conhecido como processo por cera perdida, o metal fundido é vazado em um modelo cerâmico no formato da peça a ser obtida e que, após a desmoldagem da peça, gera-se o RCC (modelo descartado).

**As principais legislações vigentes aplicadas para valorização do RSI: ABNT NBR (10.004/2004, 10.005/2004, 10.006/2004, 10.007/2004) CONAMA (Resolução nº 313/2002, Resolução nº 023/1669)****Q1 - Legislação para valorização do RSI**

Categoria: A017 - Resíduos de refratários e materiais cerâmicos

Conforme regulamentação CONAMA Resolução nº 313/2002 e ABNT NBR 10004, não há uma limitação que dificulte a valorização do RSI Estes resíduos são classificados como inertes e não inertes.

**Q2 - Qual a dificuldade para estabelecer uma amostra representativa do RSI ?**

A Sazonalidade inerente do processo industrial de geração do Resíduo é Diário

TIPO DE RESÍDUO: Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos AMOSTRADOR UTILIZADO: Amostrador de grãos utilizado para coleta de partículas de diâmetros maiores que 0,6 cm LIMITAÇÕES / RECOMENDAÇÕES: Utilizar para coleta de partículas amostradores para grãos de diâmetros menores que 0,6 cm

**Q3 - Classe Ambiental Legislativa do RSI**

RSI Não consta como fonte perigosa não específica no Anexo A - Origem desconhecida neste Anexo RSI Não consta como fonte perigosa específica no Anexo B - Origem desconhecida neste Anexo

RSI Não consta Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos no Anexo C - Característica desconhecida neste Anexo

RSI caracterizado como não patogênico, não reativo, não corrosiva e não inflamável por não apresentar qualquer uma das propriedades, obtido por amostra representativa conforme norma ABNT NBR 10007.

RSI não consta substâncias agudamente tóxicas conforme Anexo D e não consta substâncias tóxicas conforme Anexo E

**Resíduo Sólido Industrial ( RSI ) considerado NÃO PERIGOSO INERTE CLASSE IIB . Onde não consta limite máximo no extrato obtido conforme parâmetro. Na amostra representativa não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.****RSI não consta limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação conforme Anexo F, Classe: RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI) NÃO PERIGOSO CLASSE II**Concentração – Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação

D005 Arsênio Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ..... 0 mg/L

D006 Bário Composto Inorgânico (referência 70.0 mg/L) Valor Obtido: ... 0 mg/L

D007 Cádmiu Composto Inorgânico (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D008 Chumbo Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido:..... 0 mg/L

D009 Cromo Total Composto Inorgânico (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D010 Fluoreto Composto Inorgânico (referência 150.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D011 Mercúrio Composto Inorgânico (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D012 Prata Composto Inorgânico (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D013 Prata Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D014 Aldrin + dieldrin Composto Pesticidas (referência 0.003 mg/L) Valor Obtido: ..... 0 mg/L

D014 Clordano (todos os isômeros) Composto Pesticidas (referência 0.02 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D016 DDT (p, p´ DDT+ p, p´ DDD + p, p´ DDE) Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D026 2,4-D Composto Pesticidas (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D018 Endrin Composto Pesticidas (referência 0.06 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D019 Heptacloro e seus epóxidos Composto Pesticidas (referência 0.003 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D021 Hexaclorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D022 Lindano Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D023 Metoxicloro Composto Pesticidas (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

D024 Pentaclorofenol Composto Pesticidas (referência 0.9 mg/L) Valor Obtido: ... 0 mg/L

D025 Toxafeno Composto Pesticidas (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 D027 2,4,5-T Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D028 2,4,5-TP Composto Pesticidas (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D030 Benzeno Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D031 Benzo(a) pireno Composto Outros Orgânicos (referência 0.07 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D032 Cloreto de Vinila Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D033 Clorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 100 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D034 Clorofórmio Composto Outros Orgânicos (referência 6.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D035 Cresol total Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D036 o-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D037 m-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D037 p-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D039 1,4-Diclorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 7.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D040 1,2-Dicloroetano Composto Outros Orgânicos (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 D041 1,1-Dicloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D042 2,4-Dinitrotolueno Composto Outros Orgânicos (referência 0.13 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D043 Hexaclorobutadieno Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D044 Hexacloroetano Composto Outros Orgânicos (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D045 Metiltilcetona Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 D046 Nitrobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D047 Piridina Composto Outros Orgânicos (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D048 Tetracloroeto de carbono Composto Outros Orgânicos (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D049 Tetracloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 4.0 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 D050 Tricloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 7.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 D051 2,4,5-Triclorofenol Composto Outros Orgânicos (referência 400.00 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D052 2,4,6-Triclorofenol Composto Outros Orgânicos (referência 20.00 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

#### Ensaio de solubilização

Solubilização: Aldrin e dieldrin (referência 0.00003 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Alumínio (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Arsênio (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Bário (referência 0.7 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Cádmio (referência 0.005 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Chumbo (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Cianeto (referência 0.07 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Clordano (todos os isômeros) (referência 0.0002 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Cloreto (referência 250.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Cobre (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Cromo total (referência 0.05 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 Solubilização: 2,4-D (referência 0.03 mg/L) Valor Obtido: ... 0 mg/L  
 Solubilização: DDT (todos os isômeros) (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Endrin (referência 0.0006 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Fenóis totais (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: ... 0 mg/L  
 Solubilização: Ferro (referência 0.3 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Fluoreto (referência 1.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Heptacloro e seu epóxido (referência 0.00005 mg/L) Valor Obtido:.... 0 mg/L  
 Solubilização: Hexaclorobenzeno (referência 0.001 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Lindano ( $\gamma$ -BHC) (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Manganês (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Mercúrio (referência 0.001 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Metoxicloro (referência 0.02 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Nitrato (expresso em N) (referência 10.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Prata (referência 0.05 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Selênio (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Sódio (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: sulfato (expresso em S04) (referência 250.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Surfactantes (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Toxafeno (referência 0.005 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: 2,4,5-T (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: 2,4,5-TP (referência 0.03 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L  
 Solubilização: Zinco (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: .... 0 mg/L

**Q4 - A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações?**

TIPO DE ANÁLISE PARA CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS: Espectroscopia de Fluorescência de raios X (FRX)

**ELEMENTOS - % MASSA**

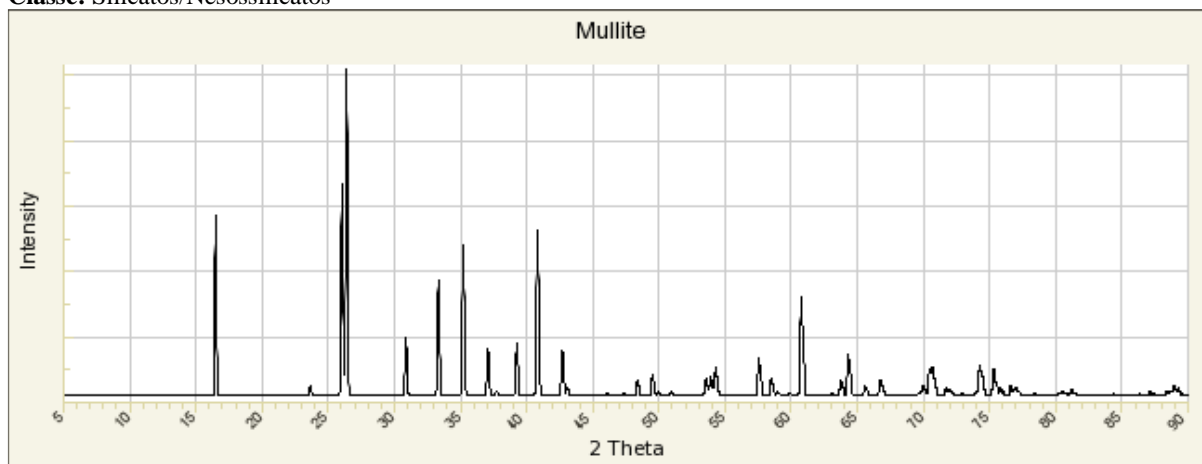
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.3 %
SiO <sub>2</sub>	36.2 %
ZrO <sub>2</sub>	5.4 %
TiO <sub>2</sub>	1.4 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.7 %
K <sub>2</sub> O	0.9 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1 %
Na <sub>2</sub> O	0.4 %
CaO	0.1 %
MnO	0.1 %
HfO <sub>2</sub>	0.1 %
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1 %
Perda Ao Fogo	0.1 %

**Total Análise: 100.000%**

**Mineralogia****MULITA**

**Fórmula:** 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>

**Classe:** Silicatos/Nesosilicatos

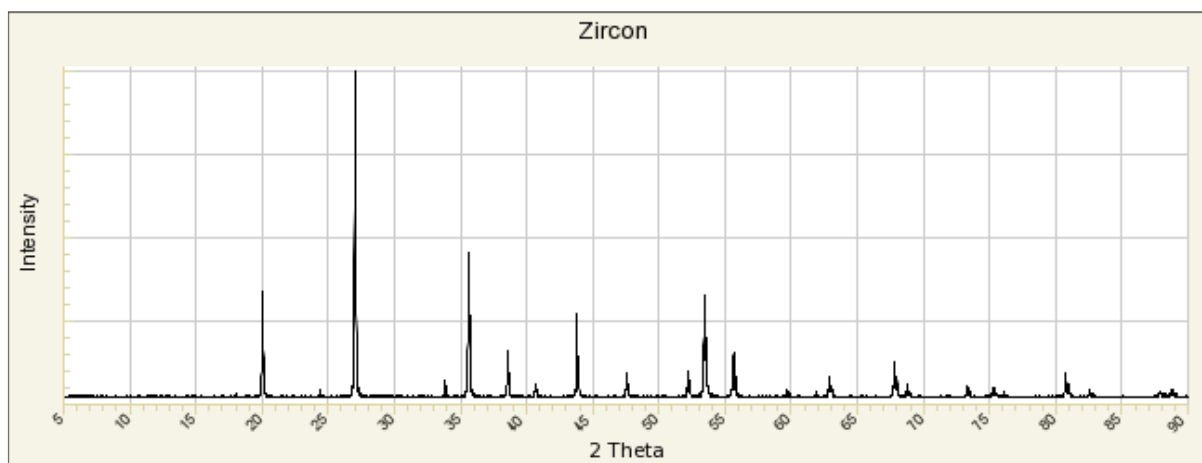


[1] <https://rruff.info/mullite/display=default/R141101>

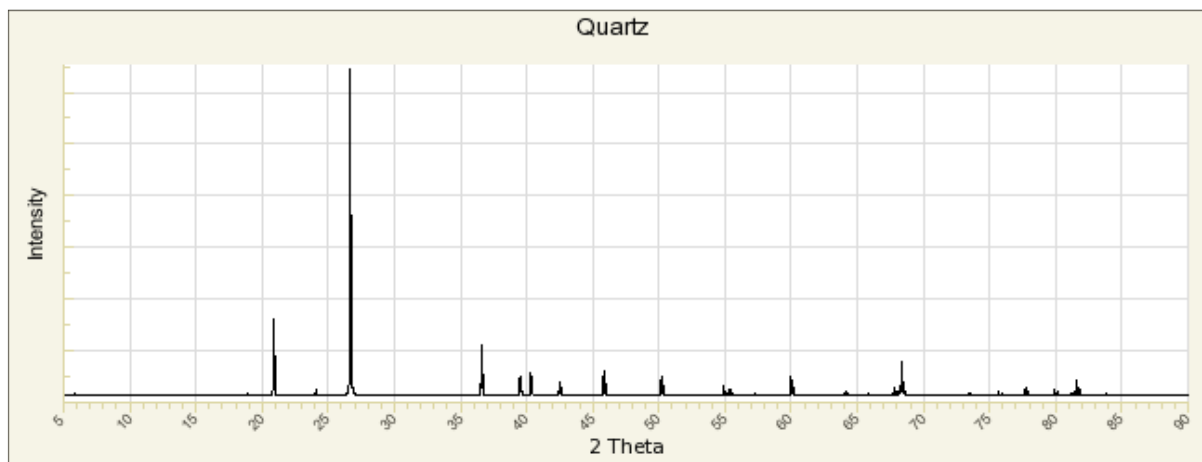
**ZIRCONITA**

**Fórmula:** ZrO<sub>2</sub>.SiO<sub>2</sub>

**Classe:** Silicatos/Nesosilicatos



[1] <https://rruff.info/chem=Zr,%20Si,%20o/display=default/R050034>

**QUARTZO****Fórmula:** SiO<sub>2</sub>**Classe:** Silicatos/Tectosilicatos

<https://ruff.info/quartz/R040031>

**Produtos Potenciais**

Produtos Potenciais	Mineral	Fórmula Química	Classe	Indústria
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários
Queimador poroso radiante (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário Conformado
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	MULITA	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Filtros Cerâmicos Refratários
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Monolítico
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Areia de Zircão (componente)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Refratário para Queimadores
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	ZIRCONITA	ZrO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Nesosilicatos	Microfusão
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectosilicatos	Refratário para Queimadores
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectosilicatos	Ref.Monolítico e Conformado

**Q5 - A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)?**

**Ajuste Difícil**

Nenhum valor registrado

**Ajuste Médio**

Nenhum valor registrado

**Ajuste Fácil**

Mineral: MULITA

Fórmula: 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>

Produto Potencial: Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)

Mineral: MULITA  
 Fórmula:  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$   
 Produto Potencial: Queimador poroso radiante (MULITA)

Mineral: MULITA  
 Fórmula:  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$   
 Produto Potencial: Agregado refratário para bloco refratário (conformado)

Mineral: MULITA  
 Fórmula:  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$   
 Produto Potencial: Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)

Mineral: MULITA  
 Fórmula:  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$   
 Produto Potencial: Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Areia de Zircão (componente)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)

Mineral: ZIRCONITA  
 Fórmula:  $ZrO_2 \cdot SiO_2$   
 Produto Potencial: Extração do metal háfnio ( $HfO_2$ )

Mineral: QUARTZO  
 Fórmula:  $SiO_2$   
 Produto Potencial: Agregado para concreto (materiais cimentícios)

Mineral: QUARTZO  
 Fórmula:  $SiO_2$   
 Produto Potencial: Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal

**Q6 - Há algum elemento que configure limite de tolerância no produto(s) potencia(is)?**

AGENTE MINORITÁRIO	AGENTE MÉDIO
Nenhum valor registrado	Nenhum valor registrado

**Q7 - Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI?**

RESOLUÇÃO CONAMA n° 313, de 29 de outubro de 2002

A granel aberto em solo, área descoberta, forma inadequada, construir ou dispor em área coberta com piso dentro dos padrões

**Q8 - Há necessidade de adequação do gerenciamento para a receptora do RSI?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Pré-tratamento (Moagem)	Pré-tratamento (Remoção de ferro)	Logística	Tecnologia e equipamentos	Mão de obra
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	X		X		
Queimador poroso radiante (MULITA)	X		X		
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	X	X	X		
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	X	X		X	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	X		X		
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	X		X		
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	X		X		
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	X		X		
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	X	X		X	X
Areia de Zircão (componente)	X	X	X	X	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	X		X		
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	X	X		X	X
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	X		X		
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	X	X		X	X

**Q9 - Há legislação que regulamenta o produto(s) ou restrinja o uso do RSI?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Existe Regulamentação Para Produção do Produto Potencial ?	Existe Legislação Para Utilização do RSI 'no' Produto Potencial ?	Legislação	Em caso de uso do RSI na empresa Geradora. Existe Necessidade de Modificação da Licença de Operação?
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Queimador poroso radiante (MULITA)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)				
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)				
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Areia de Zircão (componente)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)				
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	X	X	Resolução Conama nº 303	
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	X	X	Resolução Conama nº 303	
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal				

**Q10 - A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do produto(s) candidato(s)?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Substituto Parcial (t)	Substituto Total (t)
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	X	
Queimador poroso radiante (MULITA)	X	
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	X	
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)		
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)		41
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	X	
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	X	
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	X	
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)		
Areia de Zircão (componente)		41
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)		41
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )		41
Agregado para concreto (materiais cimentícios)		41
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal		

**Q11 - Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)?**

Produto Candidato	Segmento	Local	Destino	Distância	Selecionar Consumidor
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Joinville/SC	170	X
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	Microfusão	São José/SC	São José/SC	10	
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	Filtros Cerâmicos Refratários	São José/SC	Joinville/SC	170	X
Queimador poroso radiante (MULITA)	Refratário para Queimadores	São José/SC	Campinas/SP	755	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	Refratário para Queimadores	São José/SC	Campinas/SP	755	
Queimador poroso radiante (MULITA)	Refratário para Queimadores	Não há mercado/	/	500	
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	Refratário para Queimadores	Não há mercado/	/	500	X
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	Refratário Conformado	São José/SC	Blumenau/SC	138	X
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	Microfusão	São José/SC	Joinville/SC	170	X
Areia de Zircão (componente)	Microfusão	São José/SC	Joinville/SC	170	
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	Microfusão	São José/SC	Joinville/SC	170	
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	Microfusão	São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	
Areia de Zircão (componente)	Microfusão	São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	X
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	Microfusão	São José/SC	Cordeirópolis/SP	825	X
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	Microfusão	São José/SC	São José/SC	10	
Areia de Zircão (componente)	Microfusão	São José/SC	São José/SC	10	
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	Microfusão	São José/SC	São José/SC	10	
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	Filtros Cerâmicos Refratários	São José/SC	Joinville/SC	170	X
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	Refratário para Queimadores	São José/SC	Campinas/SP	755	X
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	Refratário para Queimadores	São José/SC	Campinas/SP	755	
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	Refratário para Queimadores	Não há mercado/	/	500	
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	Refratário para Queimadores	Não há mercado/	/	500	X
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	Monolítico	São José/SC	Blumenau/SC	138	X
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	Ref. Monolítico e Conformado	São José/SC	São Bento do Sul/SC	245	X
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	Refratário para Queimadores	São José/SC	Campinas/SP	755	
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	Refratário para Queimadores	Não há mercado/	/	500	X

**Q12 - O desempenho do produto(s) atende às exigências de mercado?**

<b>PRODUTOS CANDIDATOS</b>	<b>Q5</b>	<b>Q6</b>	<b>Q7</b>	<b>Q8</b>	<b>Q9</b>	<b>Q10</b>	<b>Q11</b>
Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)	0	0	10	5	0	5	5
Queimador poroso radiante (MULITA)	0	0	10	5	0	5	10
Agregado refratário para bloco refratário (conformado)	0	0	10	10	0	5	0
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (MULITA)	0	0	10	10	10	0	5
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (MULITA)	0	0	10	5	10	10	10
Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)	0	0	10	5	0	5	5
Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)	0	0	10	5	0	5	10
Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)	0	0	10	5	0	5	0
Agregado para revestimento de modelos para microfusão (ZIRCONITA)	0	0	10	10	10	0	5
Areia de Zircão (componente)	0	0	10	10	0	10	10
Geopolímero – material estruturante (área da civil) (ZIRCONITA)	0	0	10	5	10	10	10
Extração do metal háfnio (HfO <sub>2</sub> )	0	0	10	10	0	10	10
Agregado para concreto (materiais cimentícios)	0	0	10	5	0	10	10
Areia de suporte do molde cerâmico – vazamento do metal	0	0	10	10	10	0	5

**Aplicabilidade****Filtro cerâmico refratário para metais (MULITA)**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

O produto candidato filtro cerâmico, de refratário aplicado a filtração de metais fundidos, obtido pelo método de réplica de esponjas poliméricas, apresenta boa eficiência e tecnicamente viável ao uso de RCC para aplicação.

Bibliografia: OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQVA Para a Valorização de Resíduos Sólidos Industriais. Um Guia Para Tomada de Decisão, Florianópolis/SC, 2017.

**Queimador poroso radiante (MULITA)**

Não apresentou desempenho conforme exigências do mercado

**Agregado refratário para bloco refratário (conformado)**

Não apresentou desempenho conforme exigências do mercado

**Filtro cerâmico refratário para metais (ZIRCONITA)**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

O produto candidato filtro cerâmico, de refratário aplicado a filtração de metais fundidos, obtido pelo método de réplica de esponjas poliméricas, apresenta boa eficiência e tecnicamente viável ao uso de RCC para aplicação.

Bibliografia: OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQVA Para a Valorização de Resíduos Sólidos Industriais. Um Guia Para Tomada de Decisão, Florianópolis/SC, 2017.

**Queimador poroso radiante (ZIRCONITA)**

Não apresentou desempenho conforme exigências do mercado

**Agregado refratário para argamassa refratária (monolítico)**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

Embora não tenha nenhum estudo específico para esta aplicação, é possível inferir, por meio de resultados obtidos em outros trabalhos que o RCC apresenta características semelhantes a agregados refratários, como, por exemplo, o chamote 60, um agregado refratário aluminoso constituído de mais de 80% de fase mulita, muito utilizado na indústria para aplicação em tijolos, argamassas e concretos refratários. Considerando a variedade de agregados a base de alumina, o chamote 60 não possui o mesmo desempenho que a alumina fundida ou sinterizada, pois se trata de um agregado refratário de qualidade inferior, o que poderia ser substituído pelo RCC. A aplicação em argamassas é sugerida em virtude do teor de ferro; assim, este poderia ser utilizado para argamassas com menores temperaturas de serviço.

Bibliografia: OLIVEIRA, Kamila Almeida de. Sistemática CPQVA Para a Valorização de Resíduos Sólidos Industriais. Um Guia Para Tomada de Decisão, Florianópolis/SC, 2017.

**ANEXO II - Impressão do sistema da sistemática CPQvA web para o resíduo  
areia de fundição.**

## VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)

**Índice de Criticidade TOTAL (IcT): 1.33**

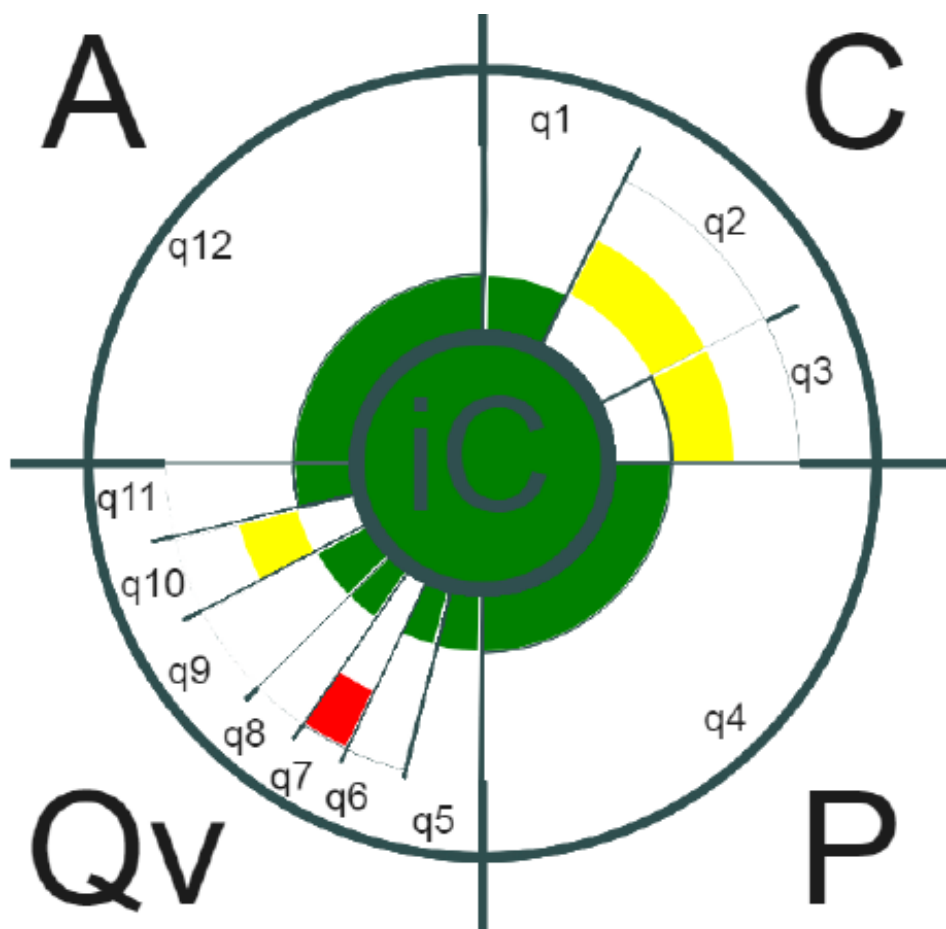
**Índice de Criticidade Classificação (IcC): 3.21**

**Índice de Criticidade Potencialidade (IcP): 0.00**

**Índice de Criticidade Quantidade/viabilidade (IcQv): 2.12**

**Índice de Criticidade Aplicabilidade (IcA): 0.00**

### Sistemática



#### Legenda

Faixa de Índice de criticidade (Ic)	Escala de Cores
0 a 3,3	Fácil
3,4 a 6,6	Moderado
6,7 a 10	Difícil

**CADASTRO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI)**

DATA COLETA: 2021-12-20

HORA COLETA: 17:00

NOME DA AMOSTRA REPRESENTATIVA (RSI): Areia de Fundição

SAZONALIDADE DO RESÍDUO: Diário

IDENTIFICAÇÃO: ADF 01

Quantidade da Amostra: 400t

Setor Produtivo onde foi coletada a amostra: Moldagem

Máquina ou equipamento referente a geração do resíduo: Forno a Indução

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES SOBRE O RESÍDUO: A quantidade total de areias descartadas pelos processos de fundição da referida empresa é de aproximadamente 400 (quatrocentas) toneladas/mês, conforme consta na licença ambiental vigente, sendo que foram coletados aproximadamente 10 kg de areia excedente dos processos de moldagem e finos de exaustão, de forma a obter amostras representativas da massa total do resíduo.

**As principais legislações vigentes aplicadas para valorização do RSI: ABNT NBR (10.004/2004, 10.005/2004, 10.006/2004, 10.007/2004) CONAMA (Resolução nº 313/2002, Resolução nº 023/1669)**

**Q1 - Legislação para valorização do RSI**

Categoria: A016: Areia de fundição

Conforme regulamentação CONAMA Resolução nº 313/2002 e ABNT NBR 10004, não há uma limitação que dificulte a valorização do RSI.

Estes resíduos são classificados como inertes e não inertes.

**Q2 - Qual a dificuldade para estabelecer uma amostra representativa do RSI?**

A Sazonalidade inerente do processo industrial de geração do Resíduo é Diário

TIPO DE RESÍDUO: Sólidos em pó ou granulados em sacos, tambores, barris ou recipientes similares, montes ou pilhas de resíduos

AMOSTRADOR UTILIZADO: Outro tipo de amostrador

LIMITAÇÕES / RECOMENDAÇÕES: Utilizar para sólidos com partículas de diâmetros &lt; 0,6 cm

**Q3 - Classe Ambiental Legislativa do RSI**

RSI Não consta como fonte perigosa não específica no Anexo A - Origem desconhecida neste Anexo

RSI Não consta como fonte perigosa específica no Anexo B - Origem desconhecida neste Anexo

RSI Não consta Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos no Anexo C – Característica desconhecida neste Anexo

RSI caracterizado como não patogênico, não reativo, não corrosiva e não inflamável por não apresentar qualquer uma das propriedades, obtido por amostra representativa conforme norma ABNT NBR 10007.

RSI não consta substâncias agudamente tóxicas conforme Anexo D e não consta substâncias tóxicas conforme Anexo E

**Resíduo Sólido Industrial ( RSI ) considerado NÃO PERIGOSO NÃO-INERTE CLASSE IIA . Onde consta limite máximo no extrato obtido conforme parâmetro. Na amostra representativa tiverem constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.**

**RSI não consta limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação conforme Anexo F, Classe: RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL (RSI) NÃO PERIGOSO CLASSE II**

Concentração – Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação

D005 Arsênio Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L

D006 Bário Composto Inorgânico (referência 70.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.5 mg/L

D007 Cádmio Composto Inorgânico (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0.005 mg/L

D008 Chumbo Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L

D009 Cromo Total Composto Inorgânico (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.04 mg/L

D010 Fluoreto Composto Inorgânico (referência 150.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.1 mg/L

D011 Mercúrio Composto Inorgânico (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L

D012 Prata Composto Inorgânico (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.1 mg/L

D013 Selênio Composto Inorgânico (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L

D014 Aldrin + dieldrin Composto Pesticidas (referência 0.003 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D014 Clordano (todos os isômeros) Composto Pesticidas (referência 0.02 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D016 DDT (p, p' DDT+ p, p' DDD + p, p' DDE) Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D026 2,4-D Composto Pesticidas (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D018 Endrin Composto Pesticidas (referência 0.06 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D019 Heptacloro e seus epóxidos Composto Pesticidas (referência 0.003 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D021 Hexaclorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D022 Lindano Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

D023 Metoxicloro Composto Pesticidas (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D024 Pentaclorofenol Composto Pesticidas (referência 0.9 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D025 Toxafeno Composto Pesticidas (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D027 2,4,5-T Composto Pesticidas (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D028 2,4,5-TP Composto Pesticidas (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D030 Benzeno Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D031 Benzo(a) pireno Composto Outros Orgânicos (referência 0.07 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D032 Cloreto de Vinila Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D033 Clorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 100 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D034 Clorofórmio Composto Outros Orgânicos (referência 6.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D035 Cresol total Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D036 o-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D037 m-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D037 p-Cresol Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D039 1,4-Diclorobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 7.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D040 1,2-Dicloroetano Composto Outros Orgânicos (referência 1.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D041 1,1-Dicloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D042 2,4-Dinitrotolueno Composto Outros Orgânicos (referência 0.13 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D043 Hexaclorobutadieno Composto Outros Orgânicos (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D044 Hexacloroetano Composto Outros Orgânicos (referência 3.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D045 Metilacetona Composto Outros Orgânicos (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D046 Nitrobenzeno Composto Outros Orgânicos (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D047 Piridina Composto Outros Orgânicos (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D048 Tetracloroeto de carbono Composto Outros Orgânicos (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D049 Tetracloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 4.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D050 Tricloroetileno Composto Outros Orgânicos (referência 7.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D051 2,4,5-Triclorofenol Composto Outros Orgânicos (referência 400.00 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 D052 2,4,6-Triclorofenol Composto Outros Orgânicos (referência 20.00 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L

#### Ensaio de solubilização

Solubilização: Aldrin e dieldrin (referência 0.00003 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Alumínio (referência 0.2 mg/L) Valor Obtido: ....0.8 mg/L  
 Solubilização: Arsênio (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L  
 Solubilização: Bário (referência 0.7 mg/L) Valor Obtido: ....0.5 mg/L  
 Solubilização: Cádmi (referência 0.005 mg/L) Valor Obtido: ....0.0001 mg/L  
 Solubilização: Chumbo (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L  
 Solubilização: Cianeto (referência 0.07 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Clordano (todos os isômeros) (referência 0.0002 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Cloreto (referência 250.0 mg/L) Valor Obtido: ....6.6 mg/L  
 Solubilização: Cobre (referência 2.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L  
 Solubilização: Cromo total (referência 0.05 mg/L) Valor Obtido: ....0.04 mg/L  
 Solubilização: 2,4-D (referência 0.03 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: DDT (todos os isômeros) (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Endrin (referência 0.0006 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Fenóis totais (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: ....0.005 mg/L  
 Solubilização: Ferro (referência 0.3 mg/L) Valor Obtido: ....1.12 mg/L  
 Solubilização: Fluoreto (referência 1.5 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Heptacloro e seu epóxido (referência 0.00005 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Hexaclorobenzeno (referência 0.001 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Lindano ( $\gamma$ -BHC) (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Manganês (referência 0.1 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L  
 Solubilização: Mercúrio (referência 0.001 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L  
 Solubilização: Metoxicloro (referência 0.02 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Nitrato (expresso em N) (referência 10.0 mg/L) Valor Obtido: ....1.7 mg/L  
 Solubilização: Prata (referência 0.05 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L  
 Solubilização: Selênio (referência 0.01 mg/L) Valor Obtido: ....0.001 mg/L  
 Solubilização: Sódio (referência 200.0 mg/L) Valor Obtido: ....64.64 mg/L  
 Solubilização: Sulfato (expresso em S04) (referência 250.0 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Surfactantes (referência 0.5 mg/L) Valor Obtido: ....0.2 mg/L  
 Solubilização: Toxafeno (referência 0.005 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: 2,4,5-T (referência 0.002 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: 2,4,5-TP (referência 0.03 mg/L) Valor Obtido: ....0 mg/L  
 Solubilização: Zinco (referência 5.0 mg/L) Valor Obtido: ....0.01 mg/L

**Q4 - A composição do RSI classificado restringe a potencialidade das aplicações?**

TIPO DE ANÁLISE PARA CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS: Espectroscopia de Fluorescência de raios X (FRX)

**ELEMENTOS - % MASSA**

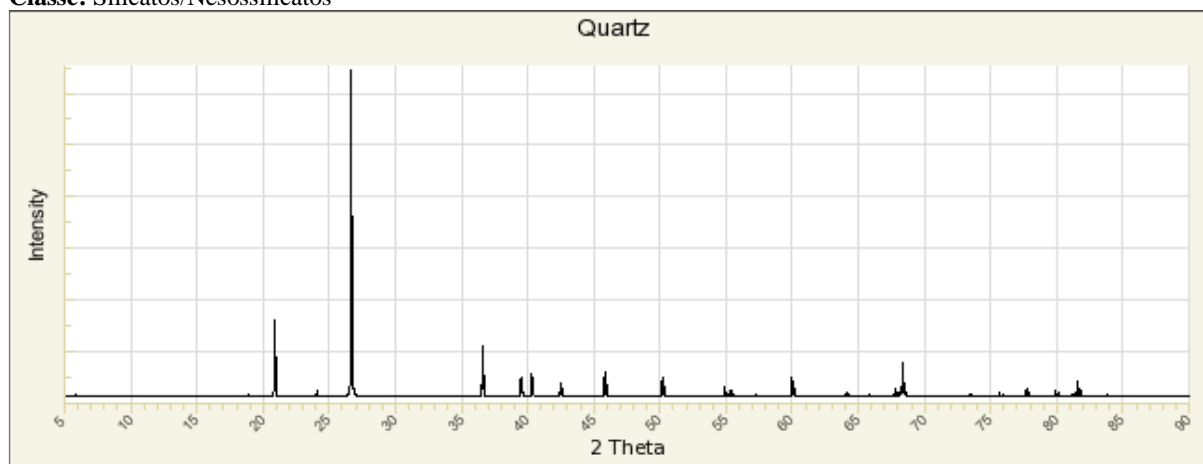
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.401 %
CaO	0.05 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.252 %
K <sub>2</sub> O	0.05 %
MgO	0.05 %
MnO	0.05 %
Na <sub>2</sub> O	0.05 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05 %
SiO <sub>2</sub>	96.756 %
TiO <sub>2</sub>	0.05 %
BaO	0 %
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05 %
PbO	0 %
SrO	0 %
ZnO	0.05 %
ZrO <sub>2</sub> /Hf	0.05 %
Perda Ao Fogo	2.041 %

**Total Análise: 100.000%**

**Mineralogia****QUARTZO**

**Fórmula:** 2SiO<sub>2</sub>

**Classe:** Silicatos/Nesosilicatos



<https://rruff.info/quartz/R040031>

**Produtos Potenciais**

Produtos Potenciais	Mineral	Fórmula Química	Classe	Indústria
Massa asfáltica	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Pavimentação Asfáltica
Blocos de concreto para construção civil	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Construção Civil
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Pavimentação Asfáltica
Argamassa	QUARTZO	SiO <sub>2</sub>	Silicatos/Tectossilicatos	Construção Civil

**Q5 - A variabilidade composicional compromete possíveis produto(s) potencial(is)?****Ajuste Difícil**

Nenhum valor registrado

**Ajuste Médio**

Nenhum valor registrado

**Ajuste Fácil**

Mineral: QUARTZO

Fórmula: SiO<sub>2</sub>

Produto Potencial: Massa asfáltica

Mineral: QUARTZO

Fórmula: SiO<sub>2</sub>

Produto Potencial: Blocos de concreto para construção civil

Mineral: QUARTZO

Fórmula: SiO<sub>2</sub>

Produto Potencial: Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado

Mineral: QUARTZO

Fórmula: SiO<sub>2</sub>

Produto Potencial: Argamassa

**Q6 - Há algum elemento que configure limite de tolerância no produto(s) potencia(is)?**

AGENTE MINORITÁRIO	AGENTE MÉDIO
Nenhum valor registrado	Nenhum valor registrado

**Q7 - Há necessidade de adequação ao gerenciamento para a geradora do RSI?**

RESOLUÇÃO CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002

A granel aberto em solo, área descoberta, forma inadequada, construir ou dispor em área coberta com piso dentro dos padrões

**Q8 - Há necessidade de adequação do gerenciamento para a receptora do RSI?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Pré-tratamento (Moagem)	Pré-tratamento (Remoção de ferro)	Logística	Tecnologia e equipamentos	Mão de obra
---------------------	-------------------------	-----------------------------------	-----------	---------------------------	-------------

**Q9 - Há legislação que regulamenta o produto(s) ou restrinja o uso do RSI?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Existe Regulamentação Para Produção do Produto Potencial ?	Existe Legislação Para Utilização do RSI 'no' Produto Potencial ?	Legislação	Em caso de uso do RSI na empresa Geradora. Existe Necessidade de Modificação da Licença de Operação?
Massa asfáltica	X	X	Lei Estadual nº 17479	
Blocos de concreto para construção civil	X	X	Lei Estadual nº 17479	
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	X	X	Lei Estadual nº 17479	
Argamassa	X	X	Lei Estadual nº 17479	

**Q10 - A quantidade de produção do RSI atende a necessidade do produto(s) candidato(s)?**

PRODUTOS POTENCIAIS	Substituto Parcial (t)	Substituto Total (t)
Massa asfáltica		400.01
Blocos de concreto para construção civil	X	
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	X	
Argamassa	X	

**Q11 - Há mercado consumidor para a valorização do RSI conforme o produto(s) candidato(s)?**

Produto Candidato	Segmento	Local	Destino	Distância	Selecionar Consumidor
Massa asfáltica	Pavimentação Asfáltica	Criciúma/SC	Criciúma/SC	10	X
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	Pavimentação Asfáltica	Criciúma/SC	Criciúma/SC	10	X
Blocos de concreto para construção civil	Construção Civil	Nova Veneza/SC	Criciúma/SC	15	X
Argamassa	Construção Civil	Nova Veneza/SC	Criciúma/SC	15	X

**Q12 - O desempenho do produto(s) atende às exigências de mercado?**

PRODUTOS CANDIDATOS	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Massa asfáltica	0	0	10	0	0	10	0
Blocos de concreto para construção civil	0	0	10	0	0	5	0
Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado	0	0	10	0	0	5	0
Argamassa	0	0	10	0	0	5	0

**Aplicabilidade****Massa asfáltica**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

Para responder ao desempenho da massa asfáltica, foi avaliado a incorporação de ADF em diferentes materiais tradicionais utilizados para construção de base e sub-base do pavimento de asfalto, conforme Moraes (2019), os materiais foram caracterizados quanto aos aspectos granulométricos o que possibilitou projetar misturas de modo a satisfazer faixas de trabalho. As misturas projetadas foram submetidas a ensaios mecânicos de Índice de Suporte California (ISC) e Módulo de Resiliência. As misturas com teores de 12% e 2% de ADF apresentaram capacidade de suporte chegando a apresentar ISC de 267,50% e 111,35%, as misturas contendo teores de 12% e 38% de ADF apresentaram grande variabilidade quanto as características resilientes. Os ensaios apresentaram resistência, estrutura de alta densidade e suscetíveis a deformação, podendo ser utilizada para construção de bases e sub-bases de asfaltos. Bibliografia: MORAIS, Manuella de. Avaliação da Aplicação de Areia Descartada de Fundação em Bases e Sub-Bases de Pavimentos Asfálticos, Erechim/RS, 2019.

**Blocos de concreto para construção civil**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

Segundo Campos et al. (2019) o bloco de concreto é amplamente utilizado na construção civil brasileira, no qual o ADF pode ser composto para substituição a areia comum. Para elaborar os testes de concreto foram substituídos areia comum por ADF em 12%, 19% e 25%, submetidos a ensaios de resistência a compressão na idade de 28 dias, conforme norma ABNT NBR 6136, comparados a resultados de blocos com agregados comuns. Os testes apresentaram resultados aplicáveis a desempenho e visto pela presença da sílica, propriedades pozolânicas como a impermeabilidade e durabilidade do concreto.

Bibliografia: CAMPOS, Marco Antonio et al. Blocos de concreto com areia de descarte de fundição: Um case de sucesso de viabilidade econômica, propriedades mecânicas e de durabilidade. In: CONGRESSO ABIFA DE FUNDIÇÃO, 18., 2019, Campinas. Anais Campinas: ABIFA, 2019. Disponível em:

<https://www.abifa.org.br/conaf/trabalhos/>. Acesso em: 10 abril. 2022.

**Blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado**

Produto Candidato atende o desempenho do mercado

Descrição de desempenho:

O bloco de concreto sextavado para pavimento intertravado utilizados para pavimentação de estradas, de acordo com Santos (2019) a análise consistiu em realizar misturas de ADF em substituição total ao agregado de miúdo utilizado ao processo tradicional, no qual foram submetidos a resistência a compressão axial e absorção de água conforme norma ABNT NBR 9781 para peças de concreto utilizados em pavimentos. Os resultados apresentaram aceitação, onde o bloco de concreto obteve resistência mecânica à compressão  $\geq 35\text{Mpa}$  e absorção de água por imersão de 6%.

Bibliografia: SANTOS, Luis Fernando. Caracterização e reaproveitamento das areias descartadas de fundição (ADF): na produção de blocos de concreto sextavado para pavimento intertravado. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Materiais. Presidente Prudente/SP, 2019.

---

**Argamassa**

Não apresentou desempenho conforme exigências do mercado