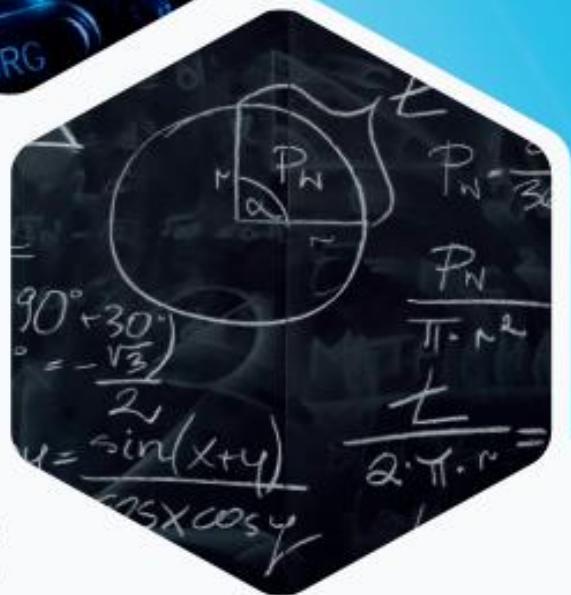


ATUALIZAÇÃO DE ÁREA  
1º QUADRIMESTRE DE 2024

# COLÉGIO DE CIÊNCIAS

EXATAS, TECNOLÓGICAS E  
MULTIDISCIPLINAR



LIVROS ACADÊMICOS  
NÚCLEO DO CONHECIMENTO

C569c

Colégio de Ciências Exatas, Tecnológicas e Multidisciplinar: Atualização de Área- 1º Quadrimestre de 2024  
[recurso eletrônico] / Organizadores Carla Viana Dendasck, [et al.]. –  
1.ed. – São Paulo: CPDT, 2024. 40p.

Vários autores  
Formato: ePUB  
Incluir Bibliografia  
ISBN: 978-65-85442-07-7

1. Ciências Exatas, Tecnológicas e Multidisciplinar 2. Atualização de Área  
3.I. Dendasck, Carla Viana.

CDD:570  
CDU:57

## **EDITORIAL**

### **Diretor-Presidente**

Profa. Dra. Carla Viana Dendasck

### **Organizadores**

Carla Viana Dendasck

Débora Teixeira da Cruz

### **Mesa Editorial**

#### **Alessandra Carla Guimaraes Sobrinho -**

Universidade Federal do Pará

#### **André Ricardo Nascimento Das Neves –**

Centro universitário Fametro

#### **Argemiro Midones Bastos –**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

#### **Bruno Marcos Nunes Cosmo –**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

#### **Débora Teixeira da Cruz –**

Centro Universitário Unigran Capital - MS

#### **Edel Alexandre Silva Pontes –**

Instituto Federal de Alagoas

#### **Edinei Canuto Paiva –**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais-IFNMG

**Fernando Luiz Kliesse Salgado –**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UERJ

**Girlane Castro Costa Leite –**

Universidade federal do Maranhão – UFMA

**Haroldo Reis Alves de Macedo –**

Instituto Federal do Piauí - IFPI

**Jorge Cardoso Messeder –**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

**Lucas Fernandes Domingues –**

Centro Paula Souza

**Lucianne Oliveira Monteiro Andrade –**

Instituto Federal Goiano

**Luiz Martins de Araújo Junior –**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

**Magno Fernando Almeida Nazaré –**

Instituto Federal do Maranhão – IFMA

Secretaria de Educação de Carutapera – MA

**Marinaldo Loures Ferreira –**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

**Roberto Sussumu Wataya -**

**Thales Alves Faraco –**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio

**Walber Gonçalves de Souza -**

Centro Universitário de Caratinga - UNEC

**Wesley Gomes Feitosa -**

Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/CANOAS/RS)

**Assistentes**

Ayla Beatriz Viana Dendasck

## Sumário

<b>CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA SUB BACIA DO CHASQUEIRO APLICADAS AO USO DO SOLO.....</b>	8
<i>Maico Danúbio Duarte Abreu</i>	
<b>FORMULAÇÕES DE PVC PARA REVESTIMENTO DE CONDUTORES DE COBRE ELÉTRICOS.....</b>	20
<i>Yusdel Díaz Hernández</i>	
<b>USO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NA INDÚSTRIA: A Contribuição do Tecnólogo em Radiologia .....</b>	28
<i>Débora Teixeira da Cruz</i>	
<i>Guilherme Andrade Rocha</i>	
<i>Lidiane Borges Vieira</i>	

# APRESENTAÇÃO

É com imensa satisfação e orgulho que apresentamos este exemplar relacionado ao Colégio de Ciências Exatas, Tecnológicas e Multidisciplinar. Observa que a temática deste livro apresenta áreas correlatas que trabalha e evidencia temáticas relacionados as características e potencialidades hidrográficas, ou seja, um estudo sobre o solo, classificação do relevo, hidrologia dinamizada ao potencial de como usar este solo. Além de discutir sobre o impacto e ação da supressão, ambientes, infiltração e afloramento de água, provocando a diminuição do tempo de permanência na bacia hidrográfica, o que implica na menor disponibilidade hídrica mesmo com as precipitações em níveis normais. Ao longo do estudo foi versado sobre a resistência, a etimologia polímero e a resistência do PVC, os autores ainda destacaram sobre o DNA, proteínas e quitina, a produção industrial e a manipulação dos monômeros. Poliéster, PVC náilon, polímeros e sintéticos. Os principais fatores e as considerações ao escolher uma determinada resina, bem como o peso molecular, a densidade aparente e a adsorção do plastificante. O último capítulo destacou como pode ser utilizado o material com peso atômico na Radiologia Industrial, considerando a garantia da segurança, qualidade de materiais, componentes e processos que utilizam a radiação ionizante avaliados pela inspeção e subsequentemente na aplicação dos Ensaios Não Destrutivos (END). Ainda foi destacado a utilização da reação de reticulação para melhoria das propriedades mecânicas de materiais poliméricos, irradiação de lâminas de borracha utilizadas na manufatura das partes laterais de pneus, aumentando assim sua durabilidade e seu grau de segurança. Sabendo que a aplicação da reticulação no processamento de polímeros de acordo com as propriedades de isolante térmico do material irradiado, o que garante a sua utilização em temperaturas elevadas. Em decorrência disto, a reticulação por radiação de fios e cabos elétricos apresenta atualmente um mercado consolidado com amplo potencial de expansão, como o caso da reticulação de materiais utilizados na confecção de tubulações de água quente aplicadas na indústria civil. Observa que os conteúdos discutidos se articulam, embora cada assunto referente a uma área, mas que os pesquisadores e estudiosos podem aproveitar na descrição de trabalhos e estudos!!!!

Esperamos que o material possa despertar curiosidades, falar de exatas é sempre um panorama multidisciplinar!!!

Núcleo do Conhecimento!!!

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/4323

# CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA SUB BACIA DO CHASQUEIRO APLICADAS AO USO DO SOLO

*Maico Danúbio Duarte Abreu<sup>1</sup>*

*Rafael Junqueira Moro<sup>2</sup>*

*Paulo Anselmi Duarte da Silva<sup>3</sup>*

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/4325

## INTRODUÇÃO

A construção de uma barragem e a formação de seu reservatório implica em modificações nas condições naturais do curso d'água a partir da redução na velocidade da corrente e, consequentemente, na capacidade de transporte de sedimentos pelo rio, favorecendo sua deposição nos reservatórios que, aos poucos, vão perdendo sua capacidade de armazenar água (Bressan et al., 2019). Nesse contexto Brito e Trentin (2015) afirmam que a utilização inadequada dos recursos hídricos causa diversos impactos ambientais nas Bacias Hidrográficas (BH), sendo essas de grande importância como unidade de planejamento para a gestão ambiental.

A Bacia do Arroio Chasqueiro está localizada no município de Arroio Grande, Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), teve sua rede de drenagem interceptada a partir da construção de um reservatório para captação de água e abastecimento de lavouras de arroz irrigado, em especial na planície alta devido a sua alta produtividade, conforme Cunha, Silveira e Severo (1996).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as características e potencialidades da sub bacia hidrográfica do Chasqueiro voltadas a compreensão do estudo da hidrologia dinamizada ao potencial uso do solo na região de Arroio Grande.

## METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em três momentos:

(I) Foi escolhida uma Bacia Hidrográfica de até 500km<sup>2</sup>, a partir disso, foi determinado um ponto de exutório, coincidindo com a estação fluviométrica código 88400000. Essas

informações foram retiradas do site da ANA (Agência Nacional de Águas). A tabela 1 mostra os dados encontrados sobre a estação fluviométrica.

Tabela 1 - Dados da estação fluviométrica de influência

BH do Arroio Chasqueiro – Município de Arroio Grande	
Nome da Estação	Granja Santa Marta
Código	88400000
Bacia	8 – Atlântico, Trecho Sudeste
SubBacia	88 – Lagoa Mirim
Latitude	-32.205
Longitude	-52.9703
Altitude (m)	17
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	281

Fonte: Adaptado da Ana, 2023.

**(II)** Utilizou-se, como ferramenta computacional o ArcGIS e QGis para caracterização da BH, obtendo-se:

- a. O levantamento de imagens georreferenciadas foi realizado através do banco de dados presente no United States Geological Survey, do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM);
- b. Mapa sistema de drenagem da bacia em estudo, através do Modelo Digital de Elevação;
- c. Mapa de relevo da área de estudo;
- d. O Mapa de uso e cobertura do solo foi obtido no MapBiomas (2021), com utilização do software QGis
- e. Mapa de tipos de solo retirado do IBGE.

**(III)** Discussão e estabelecimento de conexões apresentadas ao longo desse *paper*, bem como a apresentação de potências uso e manejo do solo e água na região alvo do estudo.

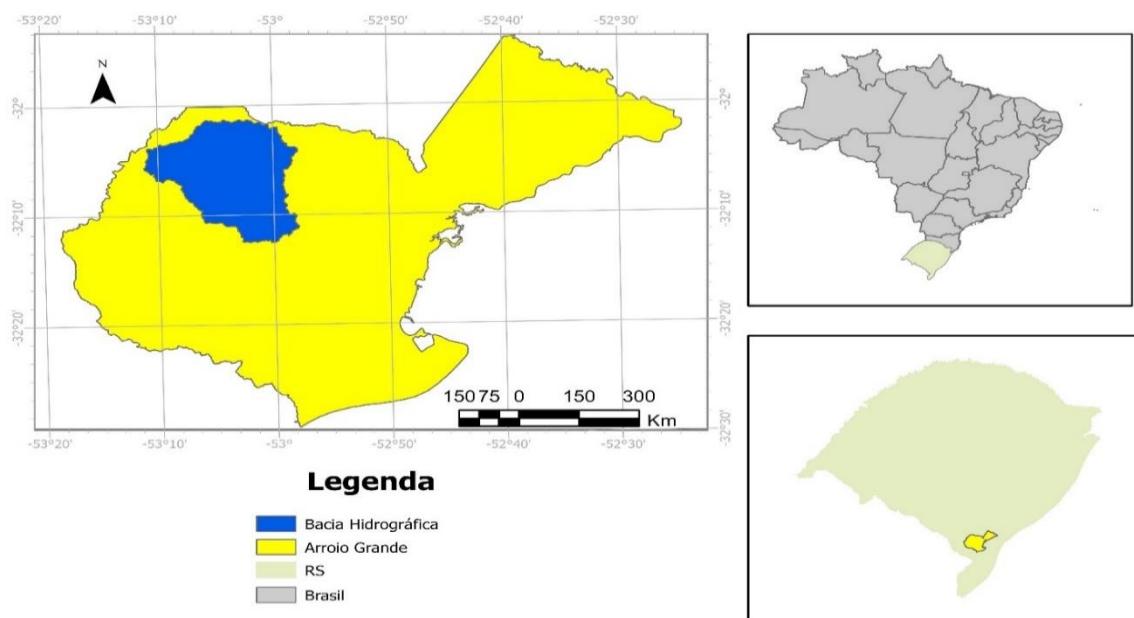
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Fernandes et al. (2018), no município do Arroio Grande, foi construído na década de 70, dentro do programa PROMIRIM entrando em operação em 1983, o barramento imposto ao sistema fluvial, localizando-se cerca de 80,4km (no sentido Sul do RS) rodoviários do Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas (Tabela 01). A barragem encontra-se implantada nos arroios Chasqueiro e Chasqueirinho, a cerca de 3km da BR-116, é uma barragem de terra com filtro de areia, com cerca de 1200m de comprimento e uma altura máxima da ordem de 22 metros (Coodic, 2010).

Segundo Perazzo (2019), a bacia do Arroio Chasqueiro está localizada no município de Arroio Grande, sul do Rio Grande do Sul, a, afluindo para a margem oeste da Lagoa Mirim. A bacia é formada principalmente pela confluência de dois arroios (Arroio Chasqueiro e Arroio Chasqueirinho), os quais são represados formando a Barragem do Chasqueiro, seguindo o curso de água por um único riacho à jusante da barragem (Arroio Chasqueiro).

A área de captação da barragem (Figura 01) está na ordem de 24.000 hectares, com uma área de alagamento de 1.650 hectares, armazena um total de 117 milhões de metros cúbicos de água, para um volume útil de 105,6 milhões de metros cúbicos.

Figura 1 - Localização da sub bacia do Arroio Chasqueiro

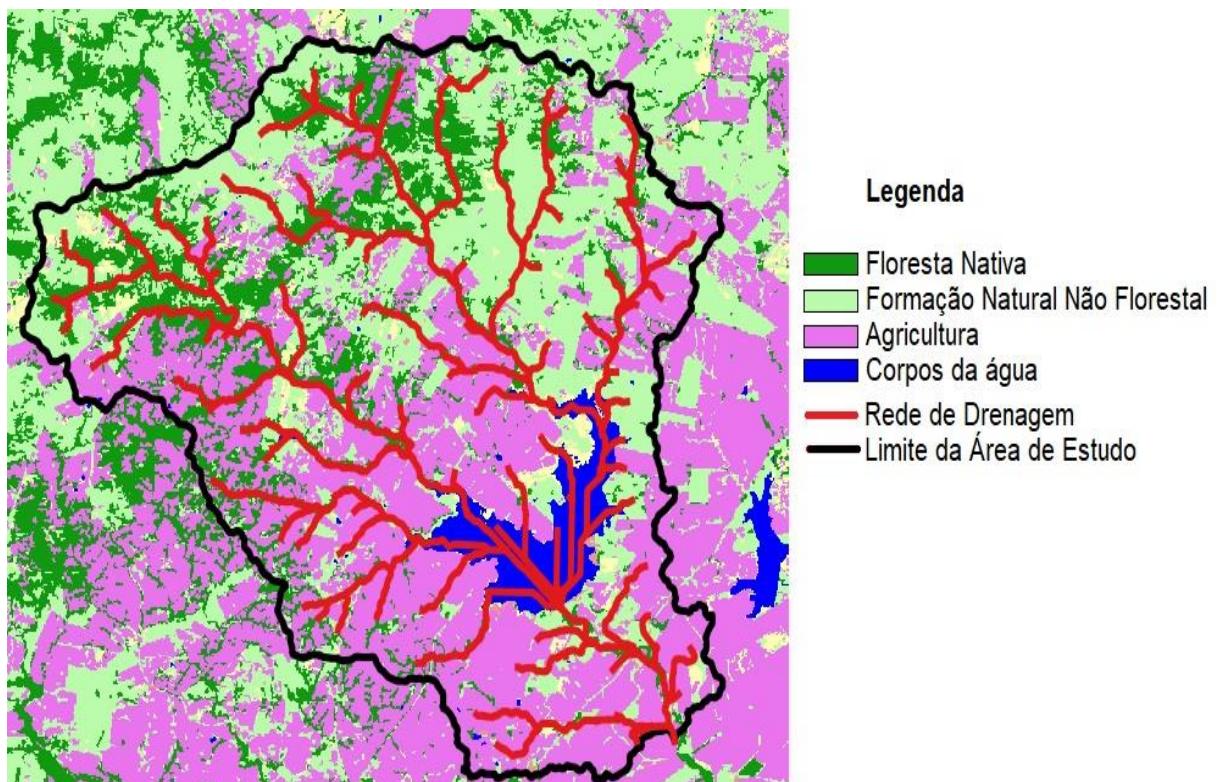


Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Igualmente, buscou-se em base de dados, as informações de vazões fluviométricas na área de influência da BH do Chasqueiro e, vindo a localizar, uma estação da Ana (2021), a qual

aponta uma área de drenagem de 281km<sup>2</sup>. Na figura (2) possível perceber a área de influência da BH (divisor de águas), bem como as redes de drenagem e o ponto de menor cota (exutório), localizado no Arroio Chasqueiro, que possui ligação com a Lagoa Mirim.

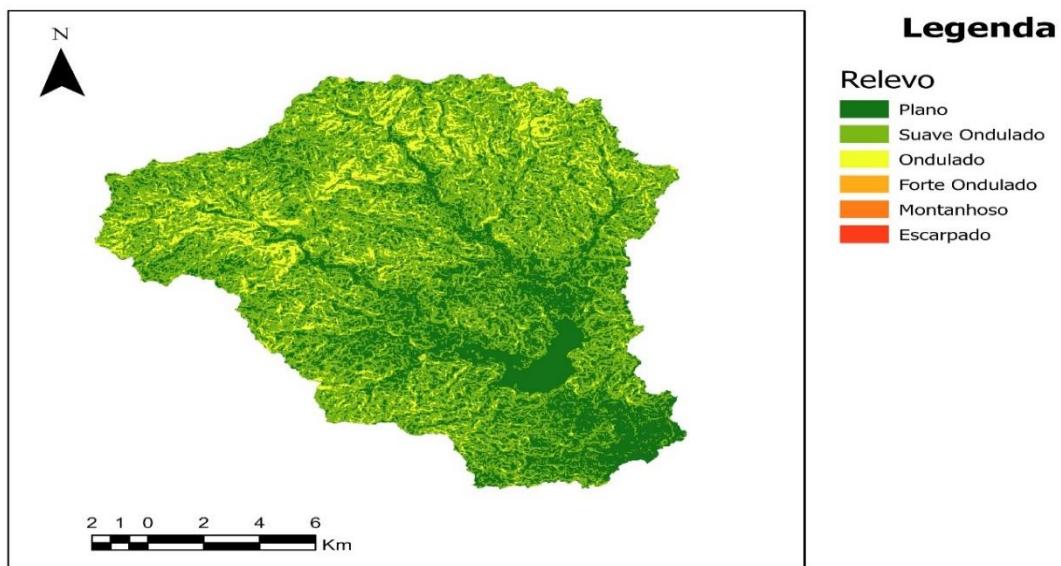
Figura 2 - Locação da sub bacia do Arroio Chasqueiro



Fonte: Acervo dos autores, 2023.

De modo geral as terras, da área de influência da BH do Chasqueiro, possuem um relevo topográfico (Figura 3) levemente ondulado, que varia de áreas planas (próximo ao exutório) até ondulada (noroeste).

Figura 3 – Classificação do relevo da BH do Chasqueiro



Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Conforme Dellazoppa et. al. (2010) a configuração altimétrica dessa região propicia uma estrutura fundiária, que conta com a participação da tecnologia moderna, elevando a rentabilidade da agricultura mecanizada, principalmente quando comparada a obtida em áreas coloniais, onde o relevo, entre outros fatores como a escassez hídrica, impede a plena racionalização do trabalho e consequentemente, a obtenção de rendas compatíveis.

## USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Tal área comprehende um corpo alongado natural, vindo que propiciar a construção de reservatórios a partir do represamento de rios e riachos é uma prática usual, especialmente para o desenvolvimento da agricultura de larga escala, como a de arroz irrigado, cujo maior produtor do Brasil é o estado do Rio Grande do Sul.

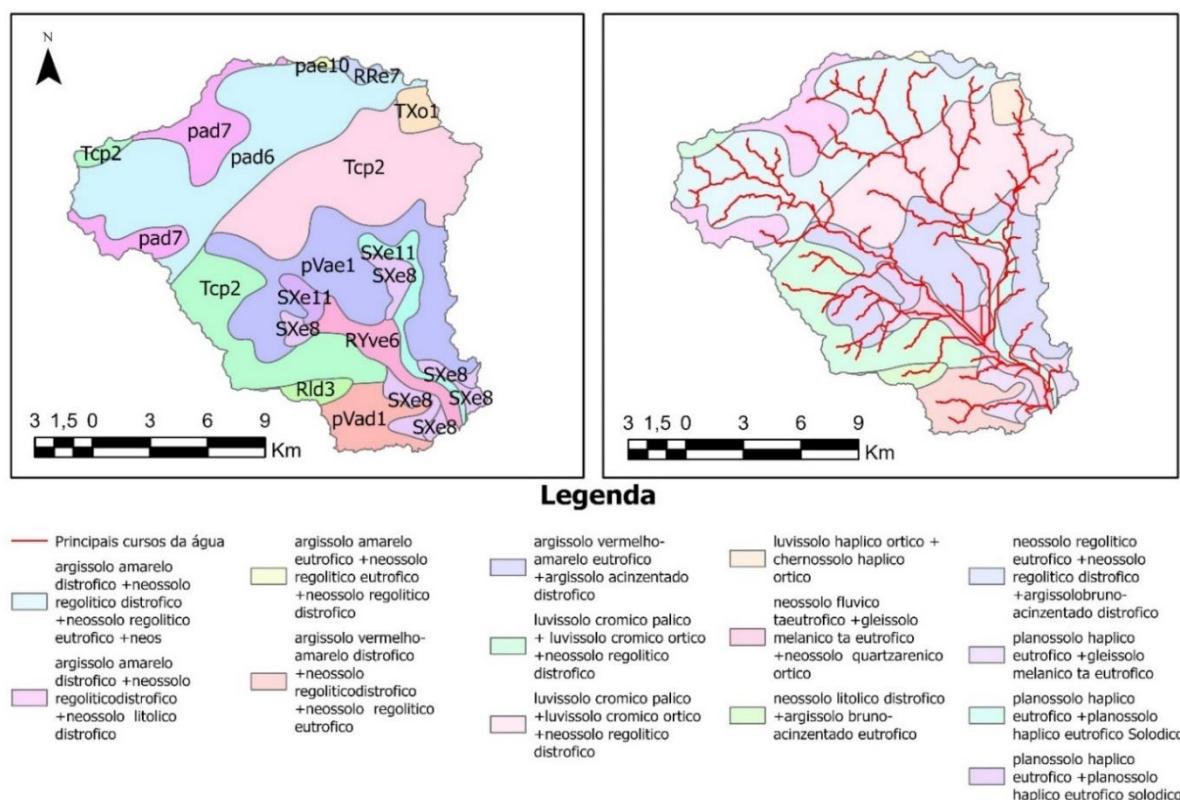
Brito e Trentin (2015) apontam que na Bacia Hidrográfica do Arroio Chasqueiro predomina a classe campo e pasto, característica do bioma Pampa. Há também uma grande utilização de seus recursos devido a sua extensa área destinada à agricultura, porém, as áreas à montante da bacia, estão atualmente preservadas. O solo, no geral, possui o horizonte superficial profundo e leve, onde, geralmente, há algum cascalho de quartzo. O horizonte B é argiloso e muito delgado, podendo não existir em algumas partes (Cunha; Silveira; Severo, 1996).

Estudos de Corrêa et al. (2015) indicam que às margens do reservatório são dominadas por pastagens plantadas, utilizadas para pastagem, e alguns pedregulhos grandes, com um substrato arenoso (73,6%), seguido de argila (14,0%) e silte (12,4%), com algumas pedras grandes.

Outra importante constatação é levantada por Silveira et al. (2020), que indicam que na região desse estudo, encontra-se na zona de Domínio Sudeste do Cinturão Dom Feliciano, que é um dos principais granitoides cálcico-alcalinos alto-K ocorre próximo da cidade de Arroio Grande/RS, denominado de Granito Chasqueiro, possuindo características mineralógicas particulares na sua composição de: Conforme K-Feldspato, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, minerais opacos (essencialmente ilmenita e magnetita) e acessórios (titanita, zircão, apatita e alanita).

Na região da BH do Chasqueiro podem ser observadas quatorze classes de solo (Figura 5), sendo as principais (com suas variações): Argissolo, Neossolo, Luvissolo e Planossolo.

Figura 4 – Classes de solos e Sobreposição das drenagens



Fonte: Acervo dos autores, 2023. LEGENDA: (a) Faixas de solo. (b) Sobreposição da rede de drenagem.

Sobre as classes de solos observadas nessa microrregião, os pesquisadores Jarbas *et al.* (2021) indicam que:

**1- Argissolos** - São solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural (horizonte diagnóstico que caracteriza a classe de solo), de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A com cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica.

**2- Neossolos** - São solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos (processos de formação do solo) em consequência da baixa intensidade de atuação dos mesmos, que não conduziram, ainda, as modificações expressivas do material originário, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos.

**3- Luvissolos** - São solos rasos a pouco profundos, com horizonte B textural resultante de acumulação ou concentração de argila decorrente de processos de iluviação e/ou formação *in situ*, de cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara, pouco espesso, maciço ou com estrutura fracamente desenvolvida. São de elevado potencial nutricional, decorrente das altas quantidades de nutrientes disponíveis às plantas e de minerais primários facilmente intemperizáveis e são ricos em bases trocáveis, especialmente o potássio.

**4- Planossolo** - Ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas. São, geralmente, pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico (horizonte característicos dos planossolos), de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita, e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Geralmente, apresentam alta CTC e ocorrem, muitas vezes, com componentes secundários em muitas áreas de Luvissolos.

Nesse contexto, pode-se verificar que os solos, dispostos na microrregião da BH do Chasqueiro, possuem algumas características importantes de salientar: São solos rasos; possuem médio teor de argila; boa capacidade de drenagem; boa disponibilidade de nutrientes às plantas.

Assim, é possível perceber, figura 4, que os Argissolos estão mais a montante da BH, seguidos dos Neossolos, Luvissolos e Planossolos (a jusante).

O uso atual recente das terras indica que os Argissolos das áreas altas da bacia (fertilidade média, pouca profundidade e relevo forte ondulado), indicados para culturas perenes (silvicultura, fruticultura), vêm sendo ocupados com culturas anuais (soja), exercendo forte pressão sobre a diminuição da infiltração e do tempo de concentração, com aumento do

escoamento superficial da drenagem na área de estudo. No mesmo sentido atua a substituição da pecuária (pastagens nativas e exóticas) pelos cultivos anuais, especialmente nas áreas mais frágeis.

A área da bacia de estudo abrange 14 tipos de associações de solos, sendo que 11,7% dessa área é constituída de solos da baixa fertilidade, 47,1% de média e 41,2% de alta fertilidade. As principais associações de classes de solos presentes na área da bacia hidrográfica, em ordem de significância quantitativa (%), estão na tabela 2:

Tabela 2 – Associações de solos na bacia de estudo.

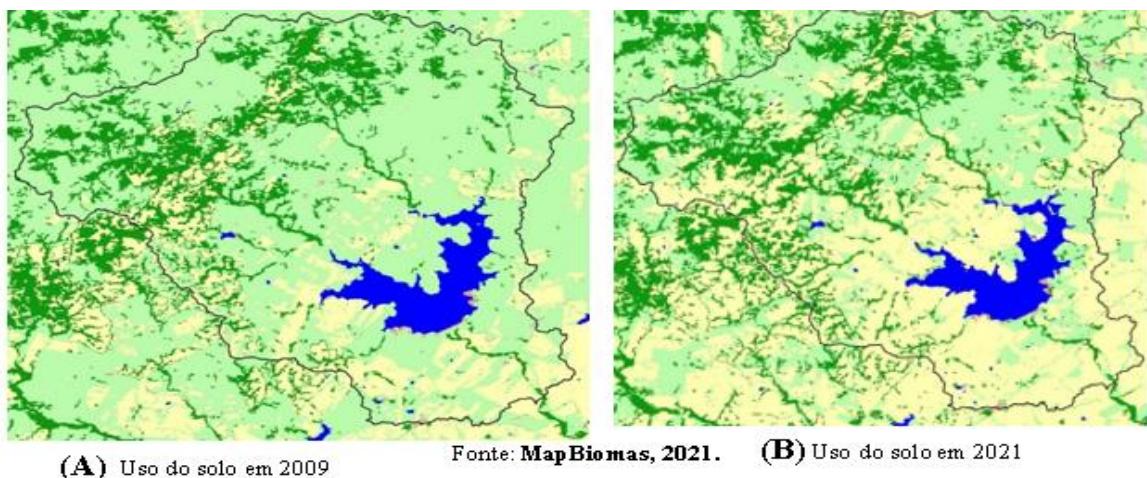
<b>Argissolos (vermelho)</b>	<b>Luvissolos (amarelo)</b>	<b>Planossolos (ciano)</b>	<b>Neossolos (azul)</b>
<b>Percentual (%)</b>			
<b>53,0</b>	<b>32,0</b>	<b>9,2</b>	<b>5,7</b>

Fonte: SiBCS, 2006.

Segundo a CONAB (2023) a produção de arroz irrigado no estado do RS abrangeu uma área de 957,4 mil hectares semeados com uma produção estimada de 8.980 kg. ha<sup>-1</sup>. Dados do IRGA (2023) apontam que o município de Arroio Grande contribui com uma área de 3,55% do percentual semeado no RS. Tais dados indicam que a ação humana sobre a área ocorre de forma intensificada, promovendo alteração no meio, redobrando os cuidados com o manejo do solo e dos recursos hídricos.

A análise da figura 5 com intervalo de cerca de 10 anos, constatou que o incremento dos cultivos anuais sobre áreas de culturas permanentes e pecuária, tem provocado impacto sobre áreas úmidas (locais de infiltração e surgência de água) que vêm sendo suprimidas e/ou alteradas pelo manejo. Neste sentido, o projeto MapBiomas (2021) também constatou a mudança no uso do solo e, consequentemente, na cobertura vegetal.

Figura 5 – Apresentação do Uso do solo

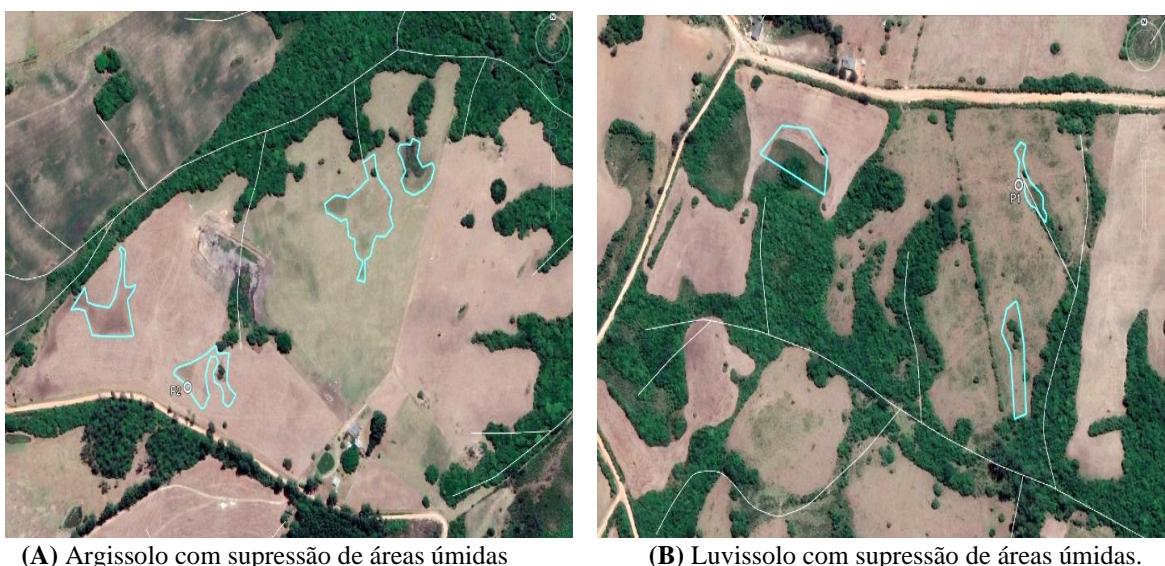


## CONTEXTUALIZAÇÃO DO USO COM A HIDROLOGIA

A gestão dos recursos hídricos ocorrentes na bacia de estudo pode ser dividida em 2 modelos, a saber: o cooperado, representado pelos beneficiários do Projeto Chasqueiro, localizados principalmente à jusante da barragem, que usufruem do planejamento de disponibilidade hídrica, regulação de vazões, eficientização do uso de água, rateio de custos operacionais, monitoramento ambiental e da organização formal em cooperativa; e o individualizado, composto pelos empreendimentos à montante do barramento, com gestão tradicional e isolada no manejo da água.

O aumento de culturas anuais nas áreas de cabeceiras, implicando em remoção frequente da cobertura vegetal e mobilização do solo, proporciona a maior ação erosiva das precipitações na superfície do solo e dos fluxos hídricos na rede de drenagem (Figura 6).

Figura 6 - Apresentação da Disponibilidade hídrica no solo



(A) Argissolo com supressão de áreas úmidas

(B) Luvisolo com supressão de áreas úmidas.

Fonte: **Google Maps, 2023.**

O impacto mais claro dessa ação é a supressão de ambientes de infiltração e afloramento de água, provocando a diminuição do tempo de permanência na bacia hidrográfica, o que implica na menor disponibilidade hídrica mesmo com as precipitações em níveis normais.

Essas alterações, oriundas da modificação do meio, para fins de produção agrícola/pecuária aliadas ao tipo de manejo adotado promovem desequilíbrio no sistema água-solo, bem como na disponibilidade de nutrientes e água às plantas. Podem ser listados, os seguintes parâmetros, identificados a partir da análise dos resultados dessa pesquisa como

#### **Problemas em potencial:**

- Diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial.
- Aumento da erodibilidade dos solos.
- Aumento da erosão e do assoreamento dos cursos d’água.
- Aumento do pico de cheia pela diminuição do tempo de concentração.
- Diminuição do tempo de permanência da água na bacia e diminuição da disponibilidade hídrica.

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As evidências encontradas nos estudos de caso, bem como na avaliação dos modelos avaliados nesse trabalho permite confirmar as evidências de que a região da bacia hidrográfica

do Arroio Chasqueiro possui potencial uso para algumas culturas, como a do arroz irrigado, por possuir boa capacidade e fertilidade do solo, associado a abundância de recursos hídricos.

Obviamente torna-se indispensável a adoção de critérios técnicos de monitoramento dos recursos hídricos, a fim de investigar, não só a quantidade, mas a qualidade da água. De igual forma estabelecer monitoramento do solo a fim de indicar o melhor manejo a ser adotado conforme as faixas e surgimento de diferentes tipos de solos.

## INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

### <sup>1</sup> Maico Danúbio Duarte Abreu

Engenheiro Agrícola e Civil, Especialista em Ciências e Tecnologias da Educação, Mestre e Doutor em Agronomia, Doutorando em Ciência.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-86548493>

Curriculum Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4913661802288480>

### <sup>2</sup> Rafael Junqueira Moro

Graduado em Engenharia Agrícola

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0374-6252>

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6749805056246334>

### <sup>3</sup> Paulo Anselmi Duarte da Silva

Graduado em Engenharia Agronômica

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-1028-736X>

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2583756517781452>

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Séries Históricas de Estações**. 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 21 mar. 2023.

BRESSAN, L. M. *et al.* Levantamento batimétrico no reservatório da barragem do Arroio Chasqueiro/RS. 2019. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais do..** Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019.

BRITO, J. C. de; TRENTIN, G. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Arroio Chasqueiro. In: 14<sup>a</sup> MOSTRA DA PRODUÇÃO UNIVERSITÁRIA. **Anais do..** Rio Grande, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Série histórica das safras: arroz irrigado.** 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/900-arroz>. Acesso em: 01 abr. 2023.

COOPERATIVA DOS PROPRIETÁRIOS DO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DA BARRAGEM DO ARROIO CHASQUEIRO (COODIC). **A Barragem.** 2010. Disponível em: <http://www.coodic.com.br/barragem.html>. Acesso em: 01 abr. 2023.

CORRÊA, F. *et al.* Ichthyofauna of the hydrographic basin of the Chasqueiro Stream (Mirim Lagoon system, southern Brazil): generating subsidies for conservation and management. **Biota Neotropica**, v.15, n.4, e0006, 2015.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. da C.; SEVERO, C. R. S. **Estudo dos solos do município de Arroio Grande.** Pelotas :EMBRAPA/CPACT, 1996. 103 p.

DELLAZOPPA, A. R. *et. al.* **Sustentabilidade socioambiental da bacia da Lagoa Mirim.** Alba, José Maria Filippini (Org.). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 292 p.

DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO (DSR). **Index of topodata.** 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FERNANDES, J. M. *et al.* Comprimento total mínimo de Loricariichthys anus (loricaridae) na primeira desova. **Arquivos de ciências veterinárias e zoologia**, Umuarama, v.21, n.2, p. 61-64, 2018.

GOOGLE MAPS. **Distância Rodoviária.** 2023. Disponível em: <https://goo.gl/maps/bF8j3AEWjsikR1hV8>. Acesso em: 01 abr. 2023.

JARBAS, T. *et al.* **Luvissolos.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/luvissolos#:~:text=S%C3%A3o%20solos%20rasos%20a%20pouco,pouco%20espesso%20maci%C3%A7o%20ou%20com>. Acesso em: 09 abr. 2023.

PERAZZO, G. X. **Adaptação intraespecífica em peixes:** análises em ambientais naturais e antropizados. 2019. 159 f. Tese (Doutorado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Programa de Pósgraduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019.

PLATAFORMA MAPBIOMAS. **Coleções Mapbiomas.** 2021. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 21 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **Coleções Mapbiomas.** 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SILVEIRA, R. L. *et al.* Arcabouço magnetométrico-geológico do setor sudeste do Cinturão Dom Feliciano, Rio Grande do Sul, Brasil. **Geologia USP**, v.20, n. 4, p. 149-167. 2020.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBCS). **Mapa de solos do Brasil.** 2006. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrazil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrazil_solos_5m_20201104). Acesso em: 09 abr. 2023.

SIMON, A. L. H.; FELIPIM, T.; LOPES, A. L de O. Bacia do Arroio Chasqueiro (RS): Alterações morfohidrográficas vinculadas à dinâmica de cobertura e uso da terra. **Revista do Departamento de Geografia**, vol. esp., n.12, p. 278-286, 2017.

# FORMULAÇÕES DE PVC PARA REVESTIMENTO DE CONDUTORES DE COBRE ELÉTRICOS

*Yusdel Díaz Hernández*<sup>1</sup>

*Yainet Cintero Delgado*<sup>2</sup>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/4335

## INTRODUÇÃO

Polímero é uma noção cuja origem etimológica se encontra na língua grega e se refere a algo constituído por vários componentes. Especificamente, é derivado do grego, exatamente da soma de dois elementos como o prefixo “poli-”, que equivale a “muitos”, e o substantivo “meros”, que pode ser traduzido como “partes”. De acordo com a origem, os polímeros naturais são aqueles que estão presentes na natureza. Neste grupo é possível incluir DNA, proteínas e quitina, entre outros. Os polímeros sintéticos, por outro lado, são produzidos industrialmente pela manipulação dos monômeros. Poliéster, PVC e náilon são exemplos de polímeros sintéticos.

PVC é o nome pelo qual é conhecido o cloreto de polivinila, um plástico que surge da polimerização do monômero de cloroetileno (também conhecido como cloreto de vinila). Os componentes do PVC são derivados do cloreto de sódio e do gás natural ou petróleo e incluem cloro, hidrogênio e carbono. No seu estado original, o PVC é um pó esbranquiçado e amorfó. A resina resultante da referida polimerização é um plástico que pode ser utilizado de múltiplas formas, pois permite a produção de objetos flexíveis ou rígidos. Por outro lado, o PVC possui propriedades mecânicas, químicas, físicas e tecnológicas que o tornam um material muito versátil e amplamente utilizado. Algumas dessas propriedades são:

- Resistente à abrasão (desgaste que ocorre devido ao atrito entre duas superfícies).
- Baixa densidade, 1,4 g/ cm<sup>3</sup>.
- Resistente ao impacto e à influência de forças externas (força mecânica)
- Admite a combinação com grande número de aditivos.
- É inerte, estável e durável.
- Não pega fogo facilmente e não é propenso à autocombustão.
- Resiste muito bem à corrosão.

- Bom isolante térmico e elétrico e por isso é utilizado para proteção de condutores elétricos, tanto em residências como em escritórios e até no ramo industrial.

## USO DE PVC EM FORMULAÇÕES PARA REVESTIMENTOS

O PVC é um material que por si só não pode ser processado. Quando aquecido, sofre uma reação de degradação que ocorre devido à quebra térmica do ácido clorídrico (HCl), que é tóxico e corrosivo. Isso é observado pela mudança de cor do polímero, que passa do amarelo para o marrom escuro, bem como pela perda de suas propriedades mecânicas e elétricas. Por esse motivo, a resina do material deve ser previamente misturada com determinados aditivos químicos que preservem sua estrutura e promovam melhores condições de processamento. É por isso que as formulações convencionais de PVC incluem os seguintes elementos em sua composição:

- Resina.
- Plastificante.
- estabilizador.
- Fardo.
- Lubrificante.
- Outros, que dependem dos requisitos do produto final.

## CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE RESINAS

Os principais fatores que devem ser levados em consideração ao escolher uma determinada resina em formulações flexíveis à base de PVC são o peso molecular, a densidade aparente e a adsorção do plastificante. Outros fatores podem ser levados em consideração, que dependem do tipo de processo e da aplicação específica, tais como: distribuição granulométrica, fluxo seco, níveis de gel e contaminação, características elétricas, teor residual de monômeros, estabilidade ao calor e transparência. Geralmente, pesos moleculares elevados traduzem-se em melhores propriedades mecânicas; mas também traz consigo um processamento difícil devido à alta viscosidade do material fundido.

Portanto, a escolha de uma resina com determinado peso molecular representa um compromisso entre as propriedades desejadas e a facilidade de processamento. Esta escolha também deve considerar os diferentes graus de resina ideais para cada processo de

transformação. A densidade aparente e a adsorção do plastificante são frequentemente inversamente relacionadas e sua escolha afeta principalmente o processamento do polímero.

Esta densidade pode ser analisada sob duas condições: se as partículas tiverem tamanho médio, uma maior porosidade nas mesmas implica uma menor densidade aparente; pelo contrário, a porosidade constante, tendo partículas com tamanhos diferentes, será mais densa aquela com dimensões menores. Além disso, resinas com menor densidade aparente e distribuição estreita de tamanhos de partículas oferecem a vantagem de possuírem maior capacidade de absorção de aditivos, o que gera um composto adequadamente misturado e plastificado; da mesma forma, tamanhos grandes e porosidade média na resina implicam na formação de aglomerados, que são facilmente dispersos e distribuídos na mistura a seco e posterior processamento. Porém, deve-se destacar que as resinas obtidas pelo método de suspensão apresentam alta qualidade e boa absorção de plastificantes, por isso são recomendadas para as aplicações mencionadas.

## **CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE PLASTIFICANTES**

São substâncias que atuam como solventes não voláteis para o PVC. O tipo e a concentração do plastificante utilizado na preparação de uma determinada formulação têm efeito direto tanto nas propriedades finais do composto, como nas suas características de processamento. A principal função de um plastificante é conferir flexibilidade e facilidade de manuseio à resina durante o processamento final. Para determinar a eficácia de um plastificante, sua estrutura química é geralmente comparada com outros membros da mesma família química de eficácia conhecida, ou preparando diferentes formulações, deixando todos os componentes constantes, exceto a concentração do plastificante, então cada mistura é medida pelas suas propriedades e desta forma o seu efeito é determinado sobre cada uma delas. Podem ser de dois tipos, primários e secundários, e de acordo com sua estrutura química e funções, são classificados como ftalatos, diésteres alifáticos, fosfatos, epóxidos, plastificantes poliméricos, trimetilatos, e plastificantes especiais.

Os ftalatos são o grupo de plastificantes mais versátil e amplamente utilizado; Esse tipo de plastificante vem da reação entre o anidrido ftálico e os álcoois. Eles fornecem um compromisso importante entre boa compatibilidade, excelente comportamento de processamento, flexibilidade em baixas temperaturas, baixa volatilidade, estabilidade ao calor e à luz e disponibilidade a um custo relativamente baixo. Os álcoois mais úteis para a preparação de ésteres ftálicos são butil, hexil, octil, nonil, decil, undecacil, tridecil e benzil. Os álcoois

alifáticos podem ser lineares ou ramificados. A mistura de vários isômeros e álcoois é geralmente implementada em vez de um único álcool. Ao aumentar a alifaticidade ou peso molecular do plastificante, são obtidas baixa volatilidade, baixa compatibilidade, baixa solvatação da resina, melhorias na resistência à extração de água, propriedades pobres de extração de óleo e o desempenho da formulação é melhorado em baixas temperaturas.

Os trimetilatos são produzidos pela esterificação do anidrido de trimetila com álcoois 2-etylhexílico ou isononílico. Esses plastificantes apresentam volatilidade excepcionalmente baixa e são indispensáveis na preparação de compostos com altas temperaturas de serviço. Eles são altamente resistentes à extração em meios aquosos e não aquosos e são de interesse para uso em aplicações médicas.

## **CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ESTABILIZADORES**

Sua principal função é prevenir a descoloração da resina, a perda de suas propriedades físicas em geral, bem como a formação de ácido clorídrico (HCl) durante o processamento. Como existe uma grande variedade de estabilizantes no mercado, a escolha do estabilizante para uma formulação específica será um compromisso entre custo e eficiência. Na prática, isso significa avaliar certas características de processamento, como o controle imediato da cor e a estabilidade do produto a longo prazo, bem como as tendências de plaqueamento, os efeitos de reologia, as características de lubrificação, a velocidade de fusão e a possível interação química com outros componentes da formulação. Além disso, são consideradas as propriedades que o estabilizador confere ao produto final, como opacidade ou transparência, características de coloração, estabilidade à luz, odor, toxicidade e propriedades elétricas.

Existe uma grande variedade de estabilizadores, mas talvez os mais importantes em todo o mundo sejam aqueles à base de chumbo. A predominância destes estabilizadores é evidenciada tanto na relação custo/efetividade como nas elevadas propriedades elétricas que seu uso confere às aplicações de cabos para formulações de PVC flexível. Todos eles são derivados do óxido de chumbo (PbO), que é um excelente estabilizador pois, por sua baixa basicidade e granulometria extremamente fina, é considerado um excelente sequestrante de HCl, não desidrohalogena o PVC por si só; o cloreto de chumbo ( $PbCl_2$ ) formado a partir da reação do óxido com o ácido não é um ácido forte e, portanto, não catalisa a degradação espontânea do PVC e também não é solúvel em água nem ionizável. Porém, o defeito mais importante que este estabilizador apresenta é a cor amarela, limitando seu uso em aplicações onde a aparência não é um fator a ser considerado.

Embora esses estabilizadores tenham grandes vantagens, como alta eficácia, baixo custo e propriedades elétricas de longo prazo, existem certas desvantagens que devem ser levadas em consideração, tais como: uso limitado em aplicações leves devido à baixa compatibilidade e características semelhantes aos pigmentos; são propensos a manchar a formulação na presença de sulfetos; mas talvez a maior desvantagem destes compostos seja a sua elevada toxicidade.

Consequentemente, e em conjunto com a preocupação global com o ambiente, novas tecnologias têm sido desenvolvidas de forma a substituir total ou parcialmente a utilização desta família de estabilizadores.

## CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE CARGAS

São compostos sólidos, orgânicos e inorgânicos, imiscíveis com o polímero (não necessariamente incompatíveis) e cujas temperaturas de fusão estão acima do seu perfil de temperatura de processamento. A percepção popular é que os enchimentos são usados principalmente para reduzir custos, mas a realidade é que uma grande variedade deles oferece certos efeitos benéficos nas propriedades dos plásticos em geral. Por exemplo, dependendo das suas características, os enchimentos podem melhorar as propriedades mecânicas, modificar certos parâmetros elétricos, alterar a densidade, conferir resistência ao fogo, bem como reduzir a evolução de fumo durante a combustão.

A incorporação de cargas em altas concentrações pode aumentar a presença de vazios internos no composto. Consequentemente, a resistência à tração e à flexão, bem como o alongamento na ruptura, podem ser fortemente afetados; entretanto, isso depende de fatores como a natureza da carga e do polímero e de outras propriedades como o tamanho das partículas do aditivo, a compatibilidade resina/carga, entre outras.

Os carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) são os enchimentos mais utilizados em termos de número de aplicações. São de origem natural (calcite) e a sua estrutura é maioritariamente cristalina. Dependendo do grau e do conteúdo das formulações, estas podem ser utilizadas como material de enchimento ou material de reforço. Na indústria de cabos, o  $\text{CaCO}_3$  é tradicionalmente utilizado como carga primária, tanto para revestimentos quanto para compostos de isolamento. As propriedades mais importantes requerem um tamanho de partícula inferior a 20  $\mu\text{m}$ , boa consistência de cor, baixo teor de ferro e outros metais de transição e alta resistividade elétrica.

Por outro lado, o caulim é uma carga do tipo reforço utilizada para melhorar as propriedades elétricas dos compostos de cabos. Sua morfologia é composta por partículas

hexagonais planas que tendem a se agrupar e produzir partículas grandes. A dispersão é melhorada com tratamentos de superfície, porém, isso pode gerar inibição nas reações com polímeros vinílicos e epóxidos.

## CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE LUBRIFICANTES

São substâncias químicas que atuam durante a etapa de processamento da formulação e têm como principal função reduzir o atrito tanto entre as interações polímero-polímero quanto entre polímero-metal. Os lubrificantes podem ser classificados em externos e internos. Geralmente todos estes aditivos apresentam características tanto externas quanto internas e a distinção é feita pelo grau de solubilidade que possui com o polímero. Assim, aqueles lubrificantes menos solúveis ou incompatíveis com o polímero base proporcionam lubrificação externa na fase fundida, ou seja, migram para a superfície do polímero fundido durante o processamento e lubrificam este último em relação às superfícies metálicas do equipamento de processamento.

Acusação. Por outro lado, um parâmetro de solubilidade adequado entre o aditivo e o polímero faz com que o primeiro atue internamente, pois, quando a formulação é fundida, as ligações polímero-lubrificante são quebradas sem causar exsudação, gerando um arranjo intermacromolecular na mistura. Direção do fluxo e essas correntes deslizam umas sobre as outras com relativa facilidade.

**Lubrificantes externos** são usados principalmente para evitar o acúmulo de formulação em equipamentos de mistura e processamento. Sua compatibilidade limitada significa que, em temperaturas de processamento de compostos, o material escorre e forma uma película entre o fundido e as superfícies metálicas do equipamento. Seu conteúdo nas formulações deve ser cuidadosamente estudado e por isso são utilizadas baixas concentrações para evitar problemas de deslizamento excessivo da mistura, causando inconvenientes de vários tipos como diminuição do esforço de corte e, portanto, fusão incompleta do material, pouco arrasto por falta de atrito e, consequentemente, degradação do composto dentro do equipamento, entre outros.

Ao contrário dos lubrificantes externos, os lubrificantes **internos** geralmente apresentam melhor compatibilidade com o PVC e sua função é ativada principalmente durante a etapa de processamento. Atua como um lubrificante intermolecular, causando uma leve diminuição na viscosidade do fundido e não retarda a gelificação nem causa deslizamento excessivo. É

frequentemente utilizado em combinação com lubrificantes externos para gerar um efeito sinérgico em diferentes etapas, como mistura a seco, processamento e transformação.

## OUTROS ADITIVOS

Esses materiais são adicionados para dar propriedades finais orientadas ao uso que será dado ao produto. Por exemplo, para prevenir a sua degradação, são frequentemente utilizados antioxidantes. Como a degradação dos polímeros pode ocorrer a partir de diversas fontes, os antioxidantes podem ser classificados como estabilizantes para formulações nas quais a degradação oxidativa desempenha um papel fundamental. Sua função ocorre principalmente durante o processamento e utilização final dos produtos e sua atividade consiste na captura dos radicais alquil-peróxi (POO.) gerados nas reações de oxidação na maioria dos polímeros. Por exemplo, o Bisfenol é um aditivo que combate o envelhecimento do composto, nomeadamente na prevenção de reações de oxidação que podem ocorrer por múltiplos fatores e nas diferentes fases de tratamento da formulação. Geralmente, este ingrediente é usado em baixas concentrações.

## CONCLUSÕES

Para obter corretamente formulações de PVC para revestimento de condutores elétricos de cobre, é necessária uma abordagem multicritério do fenômeno, uma vez que o processo permite a utilização de materiais reciclados, e que não poluem o meio ambiente. Por outro lado, novas formulações podem incluir materiais que reduzam os custos de produção e prolonguem a vida útil do revestimento.

## INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

### <sup>1</sup> Yusdel Díaz Hernández

Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, (stricto sensu), Mestre em Engenharia de materiais (lato sensu), Engenheiro metalúrgico.

Orcid: 0000-0003-0381-3851.

Curriculum Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8250462277774753>

<sup>2</sup> **Yainet Cintero Delgado**

Engenheiro em Metalurgia e Materiais.

Orcid: 0000-0001-7357-7773

## USO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NA INDÚSTRIA: A CONTRIBUIÇÃO DO TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

*Débora Teixeira da Cruz*<sup>1</sup>

*Guilherme Andrade Rocha*<sup>2</sup>

*Lidiane Borges Vieira*<sup>3</sup>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/4338

### INTRODUÇÃO

A partir da descoberta dos raios-X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen no ano de 1895, a radiação ionizante foi aplicada principalmente na área da saúde. Entretanto, na mesma época houve uma exposição por coincidência numa chapa do écran que desenhou o rifle o que contribuiu para estudos depois nas áreas ambientais e industriais referenciando sobre objetos, mas tem sido cada vez mais utilizada em diversos setores da sociedade, incluindo na indústria, segurança, construção civil, engenharia e na pesquisa, no entanto ela envolve assim como benefícios, os riscos associados à sua aplicação.

A radiação ionizante é transmitida por partículas de alta energia (partícula alfa, próton, elétron, nêutron) ou ondas eletromagnéticas (raios X, raios gama) com energia suficiente para deslocar elétrons de valência de um átomo produzindo sua ionização. São inúmeras as formas de aproveitamento da radiação ionizante que estão sendo desenvolvidas atualmente com para melhorar as condições de vida da população em geral. A radiação tem aplicações importantes, inclusive fornecendo diagnósticos precisos com potencial para salvar vidas, além de ser altamente relevante economicamente. No entanto, devido aos seus efeitos biológicos, qualquer utilização requer consideração cuidadosa, formação específica, aplicação criteriosa e o uso constante dos princípios de proteção radiológica ((Pino; Giovedi, 2013; Buonocore *et al.*, 2019).

Neste contexto, a formação do Tecnólogo em Radiologia é um processo abrangente que visa capacitar profissionais para atuar de forma competente e segura no campo da radiologia e o tecnólogo em radiologia estará preparado para operar equipamentos de radiologia, realizar exames radiográficos e auxiliar na obtenção de diagnósticos precisos e confiante. A inquietação está relacionada as aplicações da radiação ionizante realizada pelo Tecnólogo em Radiologia pode auxiliar no desenvolvimento de processos industriais e empresariais.

A radiologia industrial é um processo na qual é utilizado as radiações ionizantes e não ionizantes para diversas aplicações na indústria, sendo uma delas denominada irradiação industrial, essa irradiação é usada por meio de feixes de elétrons ou raios gama, possibilitando benefícios como por exemplo, a esterilização de produtos hospitalares, a conservação de alimentos, o tratamento de pedras preciosas, o envelhecimento de cachaça e a preservação de obras de arte (Oliveira et al., 2018).

A hipótese levantada para este estudo foi de que a garantia da segurança, qualidade de materiais, componentes e processos que utilizam a radiação ionizante são avaliados pela inspeção e subsequentemente na aplicação dos Ensaios Não Destrutivos (END) por profissionais Tecnólogos, entende-se que a exposição frequente no uso das radiações ionizantes no serviço de radiologia industrial pode levar a um aumento significativo de risco para o indivíduo ocupacionalmente exposto das doenças graves. Nesse sentido, existem muitos procedimentos e equipamentos no setor industrial que utilizam a radiação, esses dispositivos geradores de material radioativo podem colocar a segurança dos operadores e funcionários em risco, mesmo com tais adversidades é possível reduzir e eliminar os riscos associados ao uso de equipamentos e ensaios não destrutivos.

Logo, se faz necessário o levantamento das inúmeras aplicações e como essas funcionam a fim de melhorar o desempenho ou o desenvolvimento de processos e identificar áreas de atuação dos tecnólogos em Radiologia, mas é essencial fomentar nas produções científicas para que esse profissional deve realizar uma prática baseada em evidências, a fim de tornar o seu papel e as suas atividades mais acuradas possíveis com o intuito de prevenir acidentes e complicações a longo prazo, assim como fortalecer o setor e a profissionalização dessa função por alguém com competências e habilidades na formação profissional.

Haja vista, que dependendo do grau de exposição, dosagem de radiação dispersa e comportamento dos profissionais e setores afetados, os acidentes radiológicos podem trazer consequências fatais para as vítimas, além do comprometimento ambiental. Esses fatores determinam a gravidade do acidente, o que, por sua vez, caracteriza a dificuldade em implementar os protocolos necessários para prevenir tais ocorrências.

O objetivo geral do estudo foi compreender as aplicabilidades da Radiologia Industrial, seus benefícios e os cuidados relacionados as atribuições do Tecnólogo em Radiologia. Os objetivos específicos foram: Conceituar sobre a Radiação Ionizante e suas exposições; esclarecer sobre os principais serviços e aplicações, riscos e benefícios associados a radiografia/gamagrafia; discorrer sobre as atribuições do Tecnólogo na modalidade da Radiologia Industrial.

## METODOLOGIA

A metodologia foi de revisão bibliográfica com delineamento do tipo qualitativa e descritiva. O levantamento das informações foi realizado nas plataformas de busca escolhidas: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da Capes, Redalyc (rede de revistas científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal), e no Google Acadêmico, CONTER, CNEN e biblioteca virtual Unigran Capital. Para o levantamento dos estudos foram utilizadas de forma combinada e cruzando os descritores: Radiação Ionizante; Radiologia Industrial; Ensaio Não Destrutivo; e Exposição Radiográfica.

Foram incluídos artigos, livros, dissertações e teses, em língua portuguesa e inglesa, no período de (2013 a 2023). E excluídos trabalhos que não se encaixem nos objetivos e problemática proposta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apontaram que dentro dos procedimentos utilizados na RI, a radiografia é um método que pode identificar defeitos volumétricos com boa sensibilidade, segundo Andreucci (2017), é um método que pode identificar defeitos volumétricos com boa sensibilidade.

A técnica é utilizada para detectar variação em uma região de um determinado material que apresenta diferença de espessura ou densidade em relação a uma região adjacente. Isso significa que a capacidade do método de encontrar pequenas falhas em planos perpendiculares ao feixe, ou trinca, dependerá da técnica utilizada observando sempre a colocação do filme, haja vista que poderá existir uma penumbra.

As falhas são detectadas desde que não sejam muito pequenas em relação ao tamanho da peça, erros volumétricos como rachaduras e inclusões com espessura variável em todas as direções conforme define as setas na figura (2), neste contexto é possível observar que a tabela (1) descreve a aplicabilidade e benefícios da técnica dos diversos tipos de procedimentos a ser realizado na Radiologia industrial e o gráfico (1) representa os tipos de serviços da Radiologia Industrial autorizados no Brasil e destaca informações publicadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear sobre a utilização da radiologia em processos industriais, foram observado o quantitativo, percentil e o tipo dos serviços que as empresas ofereceram no período da pesquisa, com isso foi possível evidenciar os setores industriais com maior predominância, esses dados refletem a importância da radiologia industrial no contexto brasileiro, destacando sua contribuição para a segurança e qualidade nos processos

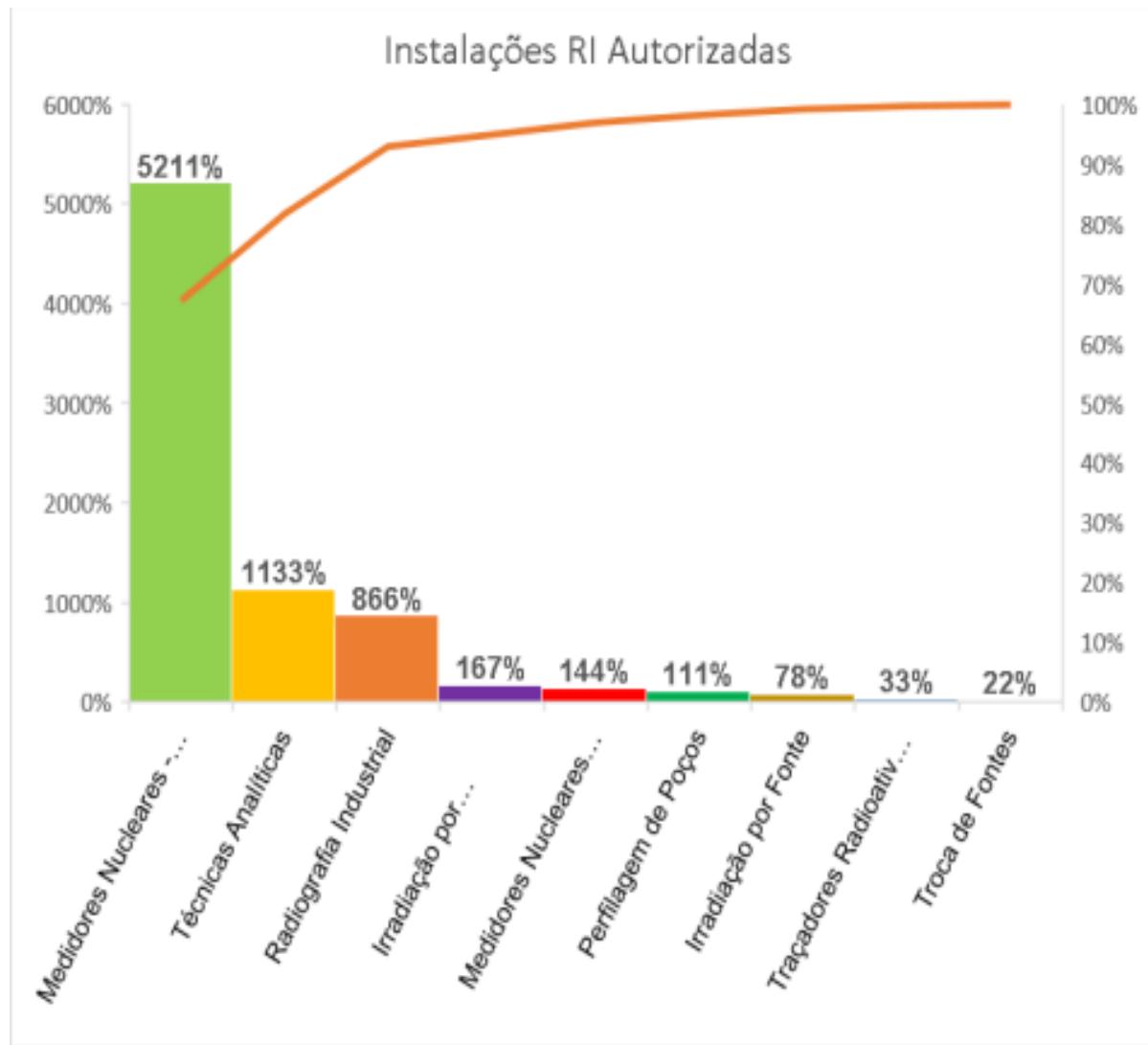
que utiliza radiações ionizantes.

Tabela 1 - Representatividade da Radiologia Industrial e suas especialidades

Tipos	Descrição da Aplicabilidade	Benefícios da Técnica
Radiografia Industrial:	Controle de qualidade, a partir do uso de fontes radioativas de Ir- <sup>92</sup> , Se- <sup>75</sup> e Co- <sup>60</sup> ou equipamentos emissores de raios X.	Detectar descontinuidades em materiais metálicos que possam impactar na integridade física dos equipamentos fabricados
Irradiação Industrial:	A irradiação industrial é usada a partir de aceleradores de elétrons de alta energia ou fontes radioativas de alta atividade, como o Cobalto 60.	Para esterilização de produtos farmacêuticos, médicos e cirúrgicos; Desinfestação de bens culturais; tratamento de águas e esgoto; reticulação de polímeros; polimerização de compósitos.
Técnicas Analíticas :	Os Raios X permitem analisar qualitativamente e quantitativamente uma amostra de minério e outros compostos, de maneira não destrutiva	Esta técnica se chama Fluorescência de Raios X.
Medição Nuclear	A partir do uso de dispositivos que usam fontes radioativas associadas a um detector, que permite verificar não somente a presença de determinado material, como também, se o nível está dentro dos níveis pré-estabelecidos, seja por atenuação ou espalhamento da radiação.	Existem vários tipos de medidores com aplicações em diversas áreas, dentre elas: setor alimentício, bebidas, imenteiras, concreto, embalagens, fertilizantes, metalúrgico, mineração, papel e celulose, petrolífero e petroquímico e siderúrgica.
Segurança	No setor de segurança, os Raios X são amplamente utilizados em Aeroportos, Presídios, Fronteiras, Bancos, Embaixadas e Órgãos Públicos, visando a segurança das pessoas e a inspeção de bagagens e volumes transportados e pode ser dividido em:	<b>Inspeção de Cargas e Contêineres:</b> a inspeção é realizada através do uso de aceleradores lineares de alta energia a fim de evitar que substâncias e objetos ilícitos circulem pelo território nacional. <b>Inspeção Corporal:</b> Que faz usos dos conhecidos Bodyscan – Equipamentos utilizados para a detecção de objetos metálicos e não metálicos escondidos no corpo de uma pessoa através dos raios X. Tais como, armas, drogas, explosivos, pedras preciosas etc.
Perfilagem de Poços de Petróleo:	No setor petrolífero, as técnicas nucleares são utilizadas na perfilagem de poços de petróleo, que consiste na medida e registro contínuo de determinados parâmetros ao longo das paredes de um poço.	Utiliza-se uma sonda de medição que é introduzida progressivamente na perfuração. A interpretação de gráficos resultantes ajuda a determinar a localização, quantidade e produtividade de óleo e gás do poço.

Fonte: Material pesquisados e adaptado do CRTR/SP, 2021, Centro Universitário Unigran Capital, 2023.

Figura 1 – Representatividade dos serviços de Radiologia Industrial no Brasil



**Fonte:** Adaptado da CNEN, Centro Universitário Unigran Capital, 2023.

O Tecnólogo em Radiologia desempenha um papel fundamental nesse cenário, pois é responsável por operar equipamentos de radiografia e realizar inspeções radiográficas em materiais e estruturas industriais. Eles são treinados para garantir a segurança e qualidade dos processos industriais, identificando possíveis falhas, defeitos ou irregularidades por meio das imagens radiográficas.

No estudo de Cavalcante et al., (2019) foi possível analisar os dados teóricos da localização das instalações industriais de acordo com a resolução do Conselho Nacional de Técnicos de Radiologia – CONTER, número 11 de 15 de agosto de 2016, com base na plataforma da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, onde aparece as instalações licenciadas no Brasil. Relata que mesmo com todo conhecimento e especialização dos profissionais de radiologia industrial, as suas chances de trabalho e atuação na área se tornam menores ou maiores de acordo com sua área de vivencia, ou seja, o contexto geográfico é o

maior restritivo a atuação dessas profissionais.

E tendo em vista, que conforme Cavalcante et al., (2019), nem todos os profissionais podem mudar de lugar mesmo que as empresas ofereçam benefícios e facilidades ao empregado, eles não consideram vantajosa essa transformação. Nesse sentido, os autores concluem que se faz necessário uma maior ampliação na malha industrial, áreas essas que são favoráveis aos profissionais das técnicas radiológicas no setor industrial, como afirma a resolução do CONTER de nº11 de 2016.

De acordo com Pino e Giovedi (2015), os principais tipos de radiação ionizante utilizados na indústria são os raios X e o feixe de elétrons, bem como os raios gama que são ondas com características eletromagnéticas, ele é uma radiação advinda de um núcleo, de alta energia sem carga elétrica.

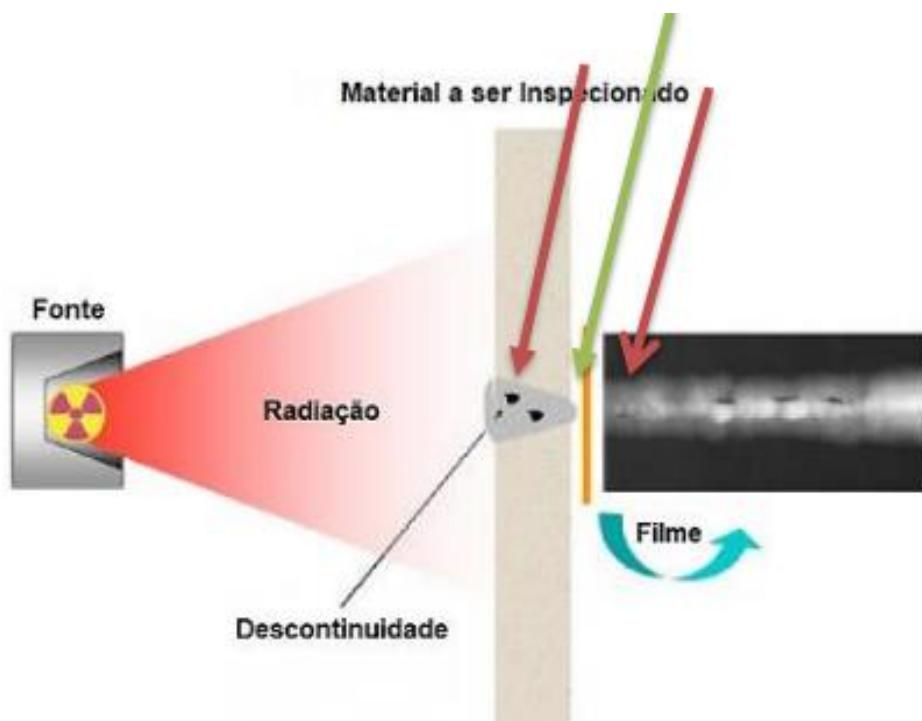
Assim, o crescente número de aplicações da radiação ionizante na área industrial decorre da alta capacidade e do tipo de radiação, o que faz compreender a descrição de Pino e Giovedi (2015) reafirmando que a radiação pode ser utilizada com diferentes finalidades visando à modificação das propriedades de materiais a ela expostos.

De acordo com o Conselho Nacional Técnico e Tecnólogo em Radiologia a resolução do Conter n.º 18/2006, 21/2006, 07/2016.

Foram atribuídos ao Tecnólogo em Radiologia competências e funções como a radiografia industrial, irradiação industrial, radioinspecção de segurança, perfilagem de poços e medidores nucleares, assim observasse que todos os procedimentos são relacionados com a tabela (1) que condiz com a especificidade de Tecnólogo em Radiologia, sendo que o responsável pela proteção radiológica, papel crucial incomparável a ser desempenhado pela radiologia industrial na documentação da qualidade do produto deve estar sob inspeção de um profissional especializado por um profissional das ciências radiológicas, pois a imagem projetada do objeto no filme radiográfico representa a "Radiografia", ou seja, a peça radiografada, algo que nenhuma outra experiência não destrutiva pode demonstrar no cenário industrial, observa-se que a figura da imagem representa as partes internas do material.

A figura (2) representa a imagem analisada por um profissional especializado para identificar possíveis defeitos ou falhas internas.

Figura 2– Ilustração da Técnica Geral de Ensaio Radiográfico na indústria

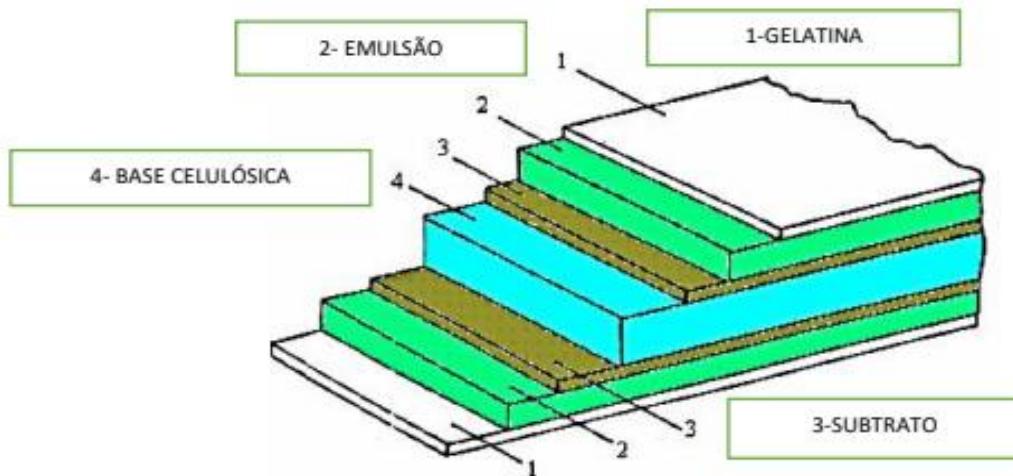


**Fonte:** Andreucci (2017, p. 7).

Em relação ao registro, Andreucci (2017) esclarece que os filmes radiográficos são constituídos por uma emulsão e uma base. A base da emulsão é uma cápsula de gelatina muito fina (espessura de 0,025 mm) que contém vários minúsculos cristais de platina espalhados por toda parte. A emulsão é aplicada sobre uma base, que normalmente é feita de um derivado de celulose translúcido e levemente azulado. E ao contrário dos filmes fotográficos, uma característica dos filmes radiográficos é que eles possuem emulsão em ambos os lados da base.

Os cristais de brometo de prata presentes na emulsão possuem a propriedade de tornar-se suscetível quando atingido por radiação ou luz. O revelador atua nessas questões, provocando uma reação de redução que leva à fuligem (pó) preto metálico. Seguindo a ação do revelador, partes da estrutura do filme podem apresentar maior número de manchas pretas do que regiões afetadas por radiação de menor intensidade. Seguindo a ação do revelador dependendo da utilização pode apresentar áreas mais claras e mais obscuras que irão compor a imagem do objeto radiografado. A figura (3) apresenta as características de um filme, onde se observa a presença de gelatina, emulsão, substrato e base celulósica.

Figura 3 – Estrutura de um filme radiográfico



**Fonte:** Andreucci (2017).

Outro termo importante que engloba uma técnica na radiologia industrial é a radiosкопия, é um meio usado para se detectar a radiação que emerge a peça, numa tela fluorescente, observa se que essa tela é caracterizada por meios de materiais de tungstato de cálcio, por isso que quando ela impacta na tela fluorescente, ela emite a imagem, em contrapartida ela apresenta três limitações importantes: não é possível se inspecionar peças de grande espessura ou de alto número anatômico, devido as características próprias das telas fluorescentes e das placas digitais e a baixa distância foco tela. Ainda conforme Andreucci (2017) a radioscopy com imagem visualizada, não permite a localização precisa na peça das áreas que contém descontinuidades.

Como alternativa não vale substituir o filme radiográfico porque sempre haverá perca de qualidade de resolução de uma imagem digitalizada, quando se faz ampliação uma outra imagem já digitalizada, a menos que se aumente a quantidade de pixels na mesma proporção da ampliação, considerando que a definição de resolução é a menor (distância) entre os dois pontos da imagem que pode ser distinguida ou vista.

De acordo com Andreucci, (2017) a radiologia industrial é aplicada em aeronaves, automóveis, metro, trens, navios, submarinos tubulações e outras. E o bom funcionamento dessas máquinas, quer sejam nas indústrias automobilísticas, petróleo e petroquímicas, geração de energia inclusive nuclear, siderúrgica, naval e aeronáutica. Hoje no mundo moderno, a globalização nestes segmentos industriais fez aumentar o número de projetos e produtos de forma multinacional, haja, vista, que já foram apresentadas na tabela (1), bem

como na figura (1). Usinas elétricas, plantas petroquímicas, aviões entre outros, podem ser projetados em um país e construídos em outro, com equipamentos e matéria prima fornecidos globalmente. E todo esse avanço tecnológico foi desenvolvido e aplicado com eficiência técnica, buscando sempre assegurar e proteger a vida daqueles que dependem de alguma forma, do funcionamento adequado e seguro dos equipamentos.

Na contemporaneidade conforme descreve Pino e Giovedi, (2013) o uso da radiologia industrial e das radiações ionizante é relevante e vem ganhando espaço devido às vantagens deste processo, em relação aos métodos convencionais. Como por exemplo, a utilização da reação de reticulação na melhoria das propriedades mecânicas de materiais poliméricos é a irradiação de lâminas de borracha utilizadas na manufatura das partes laterais de pneus, aumentando assim sua durabilidade e seu grau de segurança.

Outra importante aplicação da reticulação no processamento de polímeros de acordo Pino e Giovedi (2013), é a melhoria das propriedades de isolante térmico do material irradiado, o que garante a sua utilização em temperaturas elevadas. Em decorrência disto, a reticulação por radiação de fios e cabos elétricos apresenta atualmente um mercado consolidado com amplo potencial de expansão, como o caso da reticulação de materiais utilizados na confecção de tubulações de água quente aplicadas na indústria civil. Nesse sentido, inúmeros outros materiais poliméricos de alto desempenho como, filmes retráteis e revestimentos, têm sido desenvolvidos, representando assim um mercado ainda em expansão e com inúmeras ofertas de atuação.

De acordo com Castro (2021), a gamagrafia industrial é frequentemente utilizada em conjunto com outras modalidades que compõe ferramentas de controle de qualidade, como termografia, emissão acústica, corrente parasita e líquido penetrante, na fabricação de mercadorias e suas estruturas. Dessa forma, observou-se que existe inúmeras técnicas para manter e inspecionar os mais diversos materiais e produtos, proporcionando confiança e segurança para quem vai utilizar essas ferramentas.

Com isso, a gamagrafia industrial é hoje uma das técnicas de ensaios não destrutivos de maior relevância no mundo, pois seu uso adequado gera benefícios para os diversos mercados industriais, com destaque para aplicabilidade marítima, petrolífera, automotiva, química e aeroespacial. E esse método permite ao Tecnólogo em Radiologia gerar imagens das peças-chave utilizadas na construção de produtos, que requer um olhar criterioso sobre suas linhas de montagem, facilitando a visualização do processo, reduzindo erros e melhorando a qualidade do material. Por outro lado, Castro (2021) afirma que um experimento radiográfico como a gamagrafia industrial testa a precisão da interpretação e a confiabilidade da imagem radiográfica. Essas interpretações são necessárias e deve ser

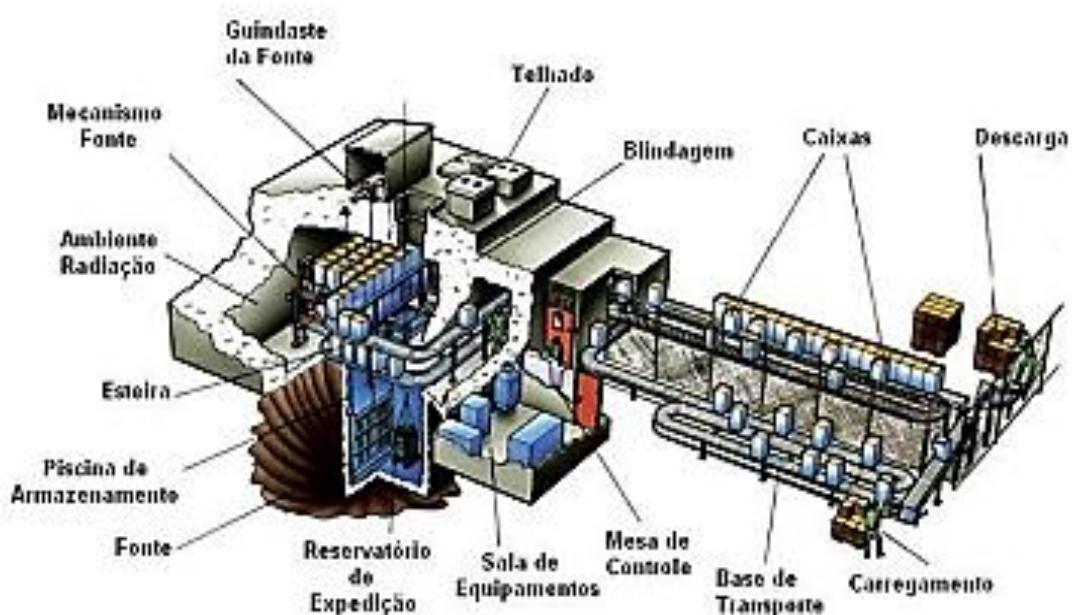
realizada por profissionais qualificados, como tecnólogos em radiologia

Já a radiação na agricultura, segundo Buonocore et al., (2019) é utilizada para a melhoria da qualidade de alimentos, contribuindo para o aumento de duração do alimento, bem como evitar a propagação de doenças. As indústrias também utilizam a radiação para radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial, e detecção de vazamentos e falhas de lâminas.

Conforme Dias et al., (2019), existem aplicações adicionais, como o uso de cronômetros de trânsito radioativo em estações de tratamento de esgotos, barragens, represas e lagoas; detectores de fumaça; a irradiação de semicondutores; a gestão do lixo industrial e hospitalar; e modificação de materiais poliméricos, entre outros.

Um sistema de irradiação com sistema de transporte conhecido como "esteira" move caixas, contêineres ou caixotes do lado externo para o interno, onde a fonte ficará exposta (ver figura (4)). Essa esteira rola em uma velocidade pré-determinada, expondo as duas faces do produto quando cada caixa passa duas vezes na fonte. Até a posição de operação, um sistema de suspensão elétrica suspende a fonte de água da piscina pelo fundo. Para Dias et al., (2019) a fonte deve continuar na parte inferior do equipamento enquanto não estiver em uso como meio de radioproteção.

Figura 4 - Esquematização de uma instalação de irradiador industrial



Fonte: Dias et al., (2019, p. 16).

O equipamento conta ainda com um conjunto de elementos de segurança que inclui uma espécie de blindagem de concreto, o espaço onde está alocado o equipamento é proibido a entrada de qualquer pessoa. E é nessa área que os acidentes normalmente acontecem, pois,

o mal funcionamento da esteira pode prender a caixa e fazer a esteira parar de funcionar. Em outros casos, o problema é com a alavanca que suspende a fonte conforme descrito por Dias et al., (2019) e Cardoso et al., (2016).

De acordo com Dourado e Menezes (2021), o profissionalismo está pautado no treinamento exposto ao realizar os procedimentos, haja vista, para pessoa aplicar as técnicas precisa de competência e habilidades, integrando os conhecimentos adquiridos pelo treinamento dos procedimentos, além dos critérios e princípios éticos da profissão. Deve-se notar que ter o conhecimento e a experiência são necessários para trabalhar na área industrial, muitas vezes também é preciso saber relacionar a ciência com o cotidiano das pessoas, o que pode fazer toda a diferença.

Percebe-se que novos caminhos de conhecimento foram possibilitados pelos avanços tecnológicos e mudanças organizacionais e técnicas nos processos industriais, buscando atender às novas demandas do mercado. Como resultado, as oportunidades para o campo da tecnologia de Radiologia têm sido desenvolvidas de acordo com os avanços tecnológicos e desenvolvimento científico. Cabe ressaltar que os autores Dourado e Menezes (2021) destacam em conformidade com a área de formação que o profissional com nível superior pode seguir carreira acadêmica, concursos públicos, empresas privadas, e atualmente existe uma ampla variedade de campos que se enquadra na área operacional, como por exemplo Radiologia industrial nos diversos seguimentos.

A formação do tecnólogo em Radiologia habilita o profissional para trabalhar utilizando fontes de radiação no controle de qualidade, irradiação de gemas, irradiação de alimentos com finalidade sanitária e inibição de brotamentos e em processos e serviços de segurança, os autores supracitados destacam que a radiação também ganhou espaço nas engenharias, mensurando e diagnosticando possíveis rachaduras em estruturas metálicas e tubulações em edifícios. Pode-se também partir para a engenharia aeronáutica nas fuselagens de aeronaves e aviões, ou mesmo para empresas do Polo Petroquímico, nos ensaios não destrutivos de caldeiras e peças afins. Logo, fica esclarecido que o Tecnólogo em Radiologia contribui com eficiência para controlar ou diminuir os riscos para trabalhadores, meio ambiente e população por decorrência da radiação ionizante.

Castro (2021) afirma que é necessário o treinamento, a certificação e a habilitação dos Tecnólogos em Radiologia que utilizam e trabalham na modalidade de radiologia Industrial, observam-se que o método de gamagrafia é essencial tanto para a segurança contra a exposição à radiação ionizante, quanto para a qualidade do sistema de imagem. Nesse contexto, existe a necessidade de um controle de qualidade global para a melhoria contínua dos métodos não destrutivos, pois o mercado industrial vem se desenvolvendo rapidamente

e é muito competitivo, o que não tolera erros e falhas técnicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que os objetivos pontuados no trabalho foram respondidos durante o desenvolvimento do estudo, incluindo a identificação e as aplicações da Radiologia Industrial, seus benefícios e os cuidados relacionados às atribuições do Tecnólogo em Radiologia.

Além disso, ficou entendido que a Radiologia industrial é uma área promissora para atuação do tecnólogo em Radiologia, sendo um trabalho que envolve a radiação ionizante e suas exposições, e como principais serviços e aplicações, os riscos e benefícios associados à radiografia e gamagrafia, assim como as atribuições específicas do Tecnólogo na Radiologia Industrial. Para tanto é necessário o treinamento, certificação e habilitação dos tecnólogos como parâmetros cruciais para garantir segurança contra exposição à radiação ionizante e qualidade do sistema de imagem.

Considera-se que o treinamento, certificação e habilitação dos tecnólogos são parâmetros cruciais para garantir a segurança contra exposição à radiação ionizante e a qualidade do sistema de imagem. A conclusão do estudo propiciou conhecimento, bem como uma experiência de ensino e aprendizado. Gostaríamos de expressar nossa mais profunda gratidão à nossa orientadora por todo o apoio e orientação que nos proporcionou ao longo desse processo.

## INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

**<sup>1</sup>Débora Teixeira da Cruz** - Radiologista, Psicóloga, Pedagoga, Graduanda em Direito. Especialista em Mediação de Conflitos, Mestre em Bioética, Doutora em Saúde, Pesquisadora, Coordenadora de Curso, Docente, e Supervisora de estágio.

**<sup>2</sup>Guilherme Andrade Rocha** \_ Acadêmico do Curso de Radiologia do centro Universitário Unigran Capital.

**<sup>3</sup> Lidiane Borges Vieira** – Tecnóloga em Radiologia – Formada pelo Centro Universitário Unigran Capital.

## REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, Ricardo. A Radiologia Industrial. 2 ed. São Paulo: Abendi, 2017.

BUONOCORE, Tathianna Cristina Cavalheiro et al., Energia das radiações: radioatividade natural e artificial, radiações ionizantes e excitantes. Unisanta BioScience, v. 8, n. 4, p. 447-457, 2019.

CARDOSO, Suelen Pestana; VIANNA, Deise Miranda; CARDOSO, Simone Coutinho. Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS. Latin-American Journal of Physics Education, v. 10, n. 4, p. 18, 2016.

CASTRO, Henrique Pereira da Silva. Aplicação do método da gamagrafia na inspeção de peças na área industrial. 2021. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Radiologia) - Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira - BA, 2021.

CAVALCANTE, Isabela Pereira et al., Panorama das Instalações Industriais no Estado do Rio de Janeiro, Conforme Resolução Nº 11 de 2016 do Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia. In: IPEN, International Joint Conference Radio 2019. Disponível em: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/51/031/51031852.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/51/031/51031852.pdf). Acesso em: 10. Abril 2023.

\_\_\_\_\_. Conselho Regional de Técnicos em Radiologia de São Paulo. Radiologia Industrial: veja o que é necessário para atuar nesta área. 2021. Disponível em <https://crtrsp.org.br/radiologia-industrial/> Acesso em 23 de agosto de 2023.

DIAS, Andressa de Jesus Rocha. Caracterização de acidentes radiológicos industriais: Relatório de Progresso. São Paulo: IPEN- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2019.

DOURADO, Marlei Luiz Rodrigues; MENEZES, Mônica Bacelar. O tecnólogo em radiologia e o mundo do trabalho. Minerva Magazine of Science, n. 9, v. 1, 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Área industrial, disponível em <https://appasp2019.cnen.gov.br//seguranca/Cons-ent%20prof/entidades-aut-cert.asp> Acesso em: 23 de agosto de 2023.

OLIVEIRA, Juliana Silva de et al., Caracterização dos serviços de irradiação industrial operantes no estado do Rio de Janeiro. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 6, n. 2A, 2018.

PINO, Eddy Segura; GIOVEDI, Claudia. Radiação ionizante aplicada ao processamento de polímeros. UNILUS Ensino e Pesquisa, v. 3, n. 5, p. 7-10, 2013.

PINO, Eddy Segura; GIOVEDI, Claudia. Radiação ionizante e suas aplicações na indústria. UNILUS Ensino e Pesquisa, v. 3, n. 5, p. 7-10, 2015.