

Sistema FIEB



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável

**Defesa de Dissertação de Mestrado**

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA ATRAVÉS DA  
QUÍMICA VERDE E SUA RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DO  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Orientando: Marcus Vinícius Amaral Leal Filho

Orientador (a): Prof. Dra. Maria das Graças Andrade Korn

CoOrientador (a): Prof. Dra. Lílian Lefol Nani Guarieiro

Linha de Pesquisa: Química, Indústria e Desenvolvimento Sustentável

Salvador, Fevereiro, 2022

Marcus Vinícius Amaral Leal Filho

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA ATRAVÉS DA  
QUÍMICA VERDE E SUA RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DO  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional de Desenvolvimento Sustentável do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável

Orientadora: Profa. Dra. Maria das Graças Andrade Korn  
Co Orientadora: Profa. Dra. Lilian Lefol Nani Guarieiro

Salvador, Fevereiro, 2022

L433a Leal Filho, Marcus Vinícius Amaral

Avaliação da produção científica brasileira através da química verde e sua relação com os objetivos do desenvolvimento sustentável / Marcus Vinícius Amaral Leal Filho. – Salvador, 2022.

119 f. : il. color.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Maria das Graças Andrade Korn.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Lillian Lefol Nani Guarieiro.

Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2022.

Inclui referências.

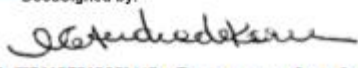
1. Objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS. 2. Química verde. 3. Química analítica verde. 4. Síntese orgânica. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Korn, Maria das Graças Andrade. III. Guarieiro, Lillian Lefol Nani. IV. Título.

CDD 333.7

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC****Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada “AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA ATRAVÉS DA QUÍMICA VERDE E SUA RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL” apresentada no dia 07 de fevereiro de 2022, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora:

DocuSigned by:  
  
7F00095882E146A...  
**Prof.ª Dr.ª Maria das Graças Andrade Korn**  
SENAI CIMATEC

Coorientadora:

DocuSigned by:  
  
7F00095882E146A...  
**Prof.ª Dr.ª Lillian Lefol Nani Guarieiro**  
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

DocuSigned by:  
  
2FCE3A388E11407...  
**Prof. Dr. Jeancarlo Pereira dos Anjos**  
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

DocuSigned by:  
  
B70D2281EA1D486...  
**Prof. Dr. Leonardo Sena Gomes Teixeira**  
UFBA

## RESUMO

Os Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS) buscam guiar os esforços mundiais, através de suas metas, em prol da proteção do meio ambiente, clima e erradicação da pobreza. O compromisso da Química com o Desenvolvimento Sustentável (DS) pode ser expresso através da Química Verde (QV), que visa à criação e implementação de práticas químicas menos nocivas ao ambiente, o que evita ou diminui o impacto negativo de produtos ou processos químicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição brasileira com o DS e os ODS visando os princípios da QV, através das publicações científicas nas áreas de Química Analítica, Síntese Orgânica e Gestão de Resíduos. Foram identificadas as boas práticas de QV aplicadas e como estão distribuídas pelas instituições de ensino superior em química no Brasil. O trabalho foi elaborado através de uma revisão sistemática dos artigos publicados entre 2010 e 2021 e os artigos foram vinculados às metas presentes em cada ODS. Também foram avaliados roteiros de aulas práticas em química aplicados nos cursos de graduação do Centro Universitário Senai CIMATEC e foram elaboradas propostas de melhorias. Foi possível observar publicações que contribuíram com os ODS 12 (111), ODS 6 (92) e ODS 14 (83). Dentre os estados que mais publicaram sobre o tema relacionados à Química Analítica Verde (QAV), Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas e Geração de Resíduos pode-se destacar as regiões Sudeste e Sul do país com 42 publicações de pesquisadores vinculados a Instituições de São Paulo e 31 do Rio Grande do Sul. Verificou-se uma tendência nas publicações em reduzir a quantidade dos resíduos tóxicos gerados e aumentar da eficiência energética dos processos. As propostas de melhorias sugeridas ao CIMATEC têm como principal objetivo diminuir os resíduos gerados através da redução na escala dos experimentos, com potencial de reduzir em até 90% os resíduos gerados anualmente. Este trabalho tem uma contribuição inédita a divulgação dos estudos realizados em 3 áreas da química nas instituições do Brasil, relacionando os princípios da QV com as ODS.

Palavras-Chave: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; ODS; Química Verde; Química Analítica Verde; Síntese Orgânica

## ABSTRACT

The Sustainable Development Goals (SDGs) seek to guide global efforts, through their marks, for the protection of the environment, climate, and poverty eradication. Chemistry's commitment to Sustainable Development (SD) can be expressed through Green Chemistry (GC), which aims to create and implement chemical practices that are less harmful to the environment, which avoids or reduces the negative impact of chemical products or processes. This study aimed to evaluate the Brazilian contribution with the SD and the SDGs aiming at the principles of GC, through scientific publications in the areas of Analytical Chemistry, Synthesis and Waste Management. Good practices in GC applied and how they are distributed by higher education institutions in chemistry in Brazil were identified. The work was prepared through a systematic review of articles published between 2010 and 2021 and the articles were linked to the goals present in each SDG. Scripts for practical classes in chemistry applied in undergraduate courses at Centro Universitário Senai CIMATEC were also evaluated and proposals for improvements were prepared. It was possible to observe publications that contributed to SDGs 12 (111), SDGs 6 (92) and SDGs 14 (83). Among the states that most published on the topic related to Green Analytical Chemistry (QAV), Microwave-Assisted Organic Synthesis and Waste Generation, the Southeast and South regions of the country can be highlighted, with 42 publications by researchers linked to Institutions of São Paulo and 31 from Rio Grande do Sul. There was a trend in publications to reduce the amount of toxic waste generated and increase the energy efficiency of processes. The proposals for improvements suggested to CIMATEC have as their main objective to reduce the waste generated by reducing the scale of the experiments, with the potential to reduce the waste generated annually by up to 90%. This work has an unprecedented contribution to the dissemination of studies carried out in 3 areas of chemistry in Brazilian institutions, relating the principles of GC with the SDGs.

Keywords: Sustainable Development Goals; SDG; Green Chemistry; Green Analytical Chemistry; Organic Synthesis.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Princípios Química Verde x Princípios Química Analítica Verde .....	7
Tabela 2. Número de artigos publicados por país .....	18
Tabela 3. Principais estratégias analíticas empregadas e seus benefícios.....	35
Tabela 4. Volume de resíduo gerado em práticas de química .....	47
Tabela 5. Resíduos gerados por ano considerando a realização de 4 grupos por prática .....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ....	1
Figura 5. Fluxograma metodológico da pesquisa.....	14
Figura 2. Países que mais publicaram com a palavra “green chemistry”. Período 2010-2021 .....	19
Figura 3. Cluster relacionados à QV. Período 2010-2021 .....	20
Figura 4. Palavras-chave relacionadas à QV. Período 2010-2021.....	21
Figura 6. Principais autores que publicaram com "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021 .....	22
Figura 7. Quantidade de artigos publicados por ano com o termo "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021 .....	22
Figura 8. Quantidade de artigos publicados por instituição com o termo "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021.....	23
Figura 9. Grau de amadurecimento dos termos utilizados pelos autores relacionados à "Green Chemistry" e "Green Analytical Chemistry" .....	24
Figura 10. Quantidade de artigos publicados por ano, sobre Química Analítica Verde, para o período de 2010- junho de 2021 .....	25
Figura 11. Quantidade de artigos avaliados com enfoque na química verde por estado. ....	25
Figura 12. Quantidade de artigos relacionadas com os ODS's.....	26
Figura 13. Número de artigos por autor correspondente. Período 2010-2021 .....	27
Figura 14. Percentuais para as matrizes investigadas nos artigos.....	28
Figura 15. Autores que mais publicaram com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021 .....	36
Figura 16. Quantidade de artigos publicados por ano com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021 .....	37
Figura 17. Quantidade de artigos publicados por instituição com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021 .....	37
Figura 18. Grau de amadurecimento dos termos utilizados pelos autores relacionados à "Green Chemistry" e "Organic Synthesis" .....	38
Figura 19. Quantidade de artigos publicados por ano sobre síntese assistida por micro-ondas para o período de 2010- junho de 2021.....	39



Figura 20. Quantidade de artigos avaliados com enfoque em síntese assistida por micro-ondas por estado.....	39
Figura 21. Quantidade de artigos relacionados com os ODS's .....	40
Figura 22. Número de artigos por autor correspondente, relacionados a síntese orgânica assistida por micro-ondas. Período 2010-2021 .....	41
Figura 23. Quantidade de artigos publicados por ano sobre gestão de resíduos para o período de 2010- junho de 2021. ....	43
Figura 24. Quantidade de artigos avaliados com enfoque gestão de resíduos por estado .....	44
Figura 25. Quantidade de artigos publicados relacionados com os ODS's .....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS

ONU – Organização Das Nações Unidas

DS – Desenvolvimento Sustentável

ODS – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável

QV – Química Verde

HPLC – Cromatografia Líquida de Alta Performance do inglês High Performance Liquid Chromatography

QAV – Química Analítica Verde

NADES - Solventes eutéticos naturais profundos do inglês Natural Deep Eutectic Solventes

PGR – Programa De Gestão de Resíduos

EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

AM - Azul de Metileno

EC – Economia Circular

QC – Química Circular

RGB - Red-Green-Blue

TIE - Entalpietria Térmica no Infravermelho do inglês Thermal Infrared Enthalpimetry

ICP-OES - Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente do inglês Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry

EDXRF - Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva do inglês Energy Dispersive X-Ray Fluorescence

HPLC-DAD – Cromatografia Líquida de Alta Performance com Arranjo de Diodos do inglês High Performance Liquid chromatography with Diode Array Detector

MIC – Micro-ondas

MAWD - Digestão Assistida por Micro-ondas do inglês Microwave-Assisted Wet Digestion

MAWD-SRC - Digestão Assistida Por Micro-ondas Com Câmara De Reação Única do inglês Microwave-Assisted Wet Digestion In Single Reaction Chamber

FAAS - Espectrometria de Absorção Atômica por Chama do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	OBJETIVOS .....	4
1.1.1.	OBJETIVO GERAL.....	4
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA .....	5
2.1.	OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	5
2.2.	QUÍMICA CIRCULAR .....	5
2.3.	QUÍMICA ANALÍTICA VERDE.....	6
2.4.	SÍNTESE ORGÂNICA X QUÍMICA VERDE.....	9
2.5.	GESTÃO DE RESÍDUOS.....	11
2.6	DISCIPLINAS PRÁTICAS EM CURSOS DE QUÍMICA.....	13
3.	METODOLOGIA.....	14
3.1.	IDENTIFICAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DA ÁREA DE QUÍMICA.....	14
3.2.	AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO COM OS ODS'S .....	16
3.3.	ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE BOAS PRÁTICAS.....	16
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1	ESTUDOS PRELIMINARES .....	18

<b>4.2. QUÍMICA ANALÍTICA VERDE .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1. ANÁLISE DE DADOS DO WEB OF SCIENCE .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.2. ANÁLISE DOS ARTIGOS.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 SÍNTESE ORGÂNICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1 ANÁLISE DE DADOS DO WEB OF SCIENCE .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2 ANÁLISE DOS ARTIGOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 GESTÃO DE RESÍDUOS.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5 PROPOSTA DE BOAS PRÁTICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA .....</b>	<b>52</b>
<b>7. PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>53</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 1 – ODS E SUAS METAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 2 – ROTEIROS DE PRÁTICAS ANALISADOS .....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 é um plano de ação criado em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU), que tem por objetivo acabar com a pobreza e a fome, proteger o planeta, através do consumo e produção sustentáveis juntamente com a gestão dos recursos naturais, além de fortalecer a paz e a prosperidade (MUNDO, 2016).

Com o intuito de contribuir com o Desenvolvimento Sustentável (DS), foram propostos os 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme Figura 1.

Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>; Acesso em 16/02/2022

Através de suas 169 metas, os 17 ODS buscam promover o DS por meio dos seus três pilares “econômico, social e ambiental” (MUNDO, 2016). Porém, para atendê-los em larga escala a química deve ser aplicada seguindo as diretrizes da Química Verde (QV) (ANASTAS; ZIMMERMAN, 2018), sendo capaz de abranger quase todos os 17 ODS, seja diretamente ou através das metas estipuladas em cada ODS (ZUIN et al., 2020).

O crescente compromisso da Química com os ODS pode ser expresso através da QV. Esse movimento surgiu na década de 1990, nos Estados Unidos da América, envolvendo academia e indústria por meio da criação e implementação de práticas químicas menos nocivas ao ambiente (MARCELINO; PINTO; MARQUES, 2021). A iniciativa tem o papel de evitar ou minimizar o impacto negativo de produtos e processos químicos, causado ao homem e ao meio ambiente, através do aumento na

segurança dos processos, diminuição na emissão de substâncias tóxicas e aumento da eficiência energética (SOUSA-AGUIAR et al., 2014).

O conceito verde ou sustentável é essencial para alcançar metas sociais, ambientais e econômicas (SOUSA-AGUIAR et al., 2014), e através do seu crescimento promove inovações que contribuem para benefícios ambientais, com ganho econômico e bem-estar social (ANASTAS et al., 2015), através dos seus 12 princípios (LENARDÃO et al., 2003): 1) Prevenção; 2) Economia De Átomos; 3) Síntese De Produtos Menos Perigosos; 4) Desenho De Produtos Seguros; 5) Solventes E Auxiliares Mais Seguros; 6) Busca Pela Eficiência Energética; 7) Uso De Fontes Renováveis De Matéria Prima; 8) Evitar A Formação De Derivados; 9) Catálise; 10) Desenho Para A Degradação; 11) Análise Em Tempo Real Para Prevenção Da Poluição; 12) Química Segura Para Prevenção De Acidentes.

A química se relaciona com diversos ODS visto que está presente na saúde, nos meios de produção, no bem-estar, na produção de alimentos e da água potável (ANASTAS; ZIMMERMAN, 2018). No entanto, é necessário avaliar todos os procedimentos químicos envolvidos em todo processo produtivo, desde processos de síntese, separação e análise. Com isso, é preciso garantir que em todo o seu desenvolvimento foram utilizadas, quando possível, boas práticas relacionadas a QV, como: Gestão de reagentes e resíduos laboratoriais, com foco em identificar e reduzir/substituir reagentes tóxicos e recuperação de subprodutos; Economia atômica ao otimizar as reações objetivando uma maior incorporação dos átomos no produto; Preparo de amostras para análise utilizando métodos alternativos; e utilização de reatores de fluxo contínuo.

Como reflexo do aumento da consciência sustentável por parte dos pesquisadores, o Brasil foi o país que mais publicou sobre os temas “química verde” e “química sustentável” na América Latina entre 2010 e 2020 (ZUIN et al., 2020). Os autores também avaliaram os temas mais publicados nos últimos dois anos (2018-2020), e a participação brasileira pode ser avaliada da seguinte maneira: Síntese com 49 artigos e 48 artigos sobre Química Analítica. Na área de síntese, as práticas que mais se destacaram foram a produção de nanopartículas utilizando reagentes renováveis, rotas sintéticas sem uso de solventes e a utilização de catalisadores. Já na área de Química Analítica, as condutas que mais se destacaram foram o uso de ferramentas quimiométricas e análises através de imagens digitais.

Outras revisões importantes foram os estudos de Gama et al. (2019) que avaliaram a contribuição brasileira na Química Analítica Verde, com inovações relevantes, tais como: menor consumo de reagentes através de analisadores em fluxo; processo de digestão da amostra de modo mais brandos, através da diminuição ou evitando o consumo de ácidos fortes e abordagens eletroquímicas.

Já os autores Melchert, Reis e Rocha (2012) avaliaram a evolução da análise em fluxo, destacando a substituição de produtos químicos tóxicos e a diminuição na geração de resíduos sem perder eficiência analítica, dessa forma reduzindo o impacto ambiental das análises.

Além desses, Lima et al. (2020) realizaram a determinação de antimônio, que é um material bioacumulativo que pode ocasionar doenças, em amostras de água do mar, lagos, da torneira e mineral. O artigo propõe a análise em fluxo, utilizando pequenas quantidades de amostra e reagentes, o que conseqüentemente gera menos resíduos e dessa forma contribui de maneira positiva para o DS através da redução na poluição gerada.

Outro artigo de destaque é o de Da Rosa et al. (2020), que demonstraram em seu estudo a síntese assistida por micro-ondas de um indicador de impressões digitais. Como resultado, os autores obtiveram a diminuição no tempo de reação e não houve necessidade de utilizar solvente na purificação do produto.

Silva et al. (2015) reportam a recuperação de resíduos, provenientes de análises por espectrometria de absorção atômica por chama e espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente. Mais de 90% da amostra analisada acabam virando resíduos que podem conter ácidos corrosivos a depender da matriz analisada. Segundo os autores, o sólido obtido a partir do tratamento dos resíduos gerados nos equipamentos de análise pode ser utilizado em experimentos acadêmicos em laboratórios.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

- i. O objetivo geral desta proposta de pesquisa de mestrado é avaliar as ações das instituições de ensino superior em Química do Brasil, através das publicações científicas, de forma a atender os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com enfoque principal na química verde, nas áreas de Química Analítica, Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas e Gestão de Resíduos.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

A pesquisa será desenvolvida através dos objetivos específicos listados a seguir:

- i. Identificar boas práticas na área de química das instituições de ensino superior em Química do Brasil, relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com enfoque principal na química verde, nas áreas de Química Analítica, Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas e Gestão de Resíduos.
- ii. Propor boas práticas que possam ser implementadas nas atividades desenvolvidas nos laboratórios de Química do SENAI CIMATEC.



## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

Em 2015 a ONU adotou uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para todas as nações, Agenda 2030, em que foram propostos 17 ODS e 169 metas que abrangem o crescimento econômico, inclusão social e proteção ao planeta (STAFFORD-SMITH et al., 2017).

A Química deve desempenhar um papel importante para cumprir com os ODS. Essa área científica está diretamente ligada no desenvolvimento e fabricação de produtos do nosso cotidiano de maneira segura e sustentável. O estudo em química permite obter mais eficiência energética, no uso de recursos naturais, além de poder encontrar novos usos para os resíduos produzidos atualmente (NOCE, 2018).

Espera-se que até 2030 a demanda por produtos utilizados diariamente deverá dobrar, o que pode resultar no aumento da produção desses bens e conseqüentemente no aumento da poluição e uso de recursos naturais em detrimento de atender o “bem-estar” momentâneo. Os ODS podem servir de parâmetro para diversos segmentos da indústria química, como: farmacêutica e cosméticos (ODS 3); petroquímica (ODS 11 e 12); saneamento básico e tratamento de efluentes (ODS 6 e 14); fertilizantes e alimentícias (ODS 2) (ANASTAS et al., 2021; AXON; JAMES, 2018).

### **2.2. Química Circular**

A Economia Circular (EC) é um modelo que procura melhorar a eficiência no uso de recursos e manter produtos, componentes, materiais e energia em loop, de forma a sempre adicionar ou manter o seu valor ao longo do tempo (FERNANDES; SOUSA-FILHO; VIANA, 2021). Este modelo pode ser alcançado por meio do design de produtos com ciclo de vida útil mais longos; com a criação de produtos com diferentes aplicabilidades; o reaproveitamento de resíduos de forma que os custos da matéria- prima reciclada seja competitiva (ARRUDA et al., 2021).

A QV pode ser implementada através da EC através dos 5R's: redesenhar, reduzir, recuperar, reciclar e reusar. Dessa forma, a sua aplicação ocorre por meio da produção limpa, gestão química do processo e educação em QV (CHEN et al., 2020) contribuindo com a criação de um modelo regenerativo em que a emissão de resíduos e o dispêndio energético são minimizados através do loop do sistema (FERNANDES; SOUSA-FILHO; VIANA, 2021).

A Química Circular (QC) é um conceito novo proposto para facilitar a transição para a EC através da QV. Essa abordagem procura alcançar a sustentabilidade através da otimização do ciclo de vida de produtos químicos. Como princípio fundamental, a QC sugere o uso de resíduos como matéria-prima na síntese de novos produtos comerciáveis, garantindo a recirculação completa de moléculas. Essa prática também contribui para a eficiência energética, pois esses materiais apresentam mais 'energia armazenada' do que os insumos brutos, e dessa forma diminui a entrada adicional de energia ao processo (KEIJER; BAKKER; SLOOTWEG, 2019). Os conceitos da QC podem ser aplicados no setor industrial plástico através de reciclagem de resíduos plásticos, por meio de processos mecânicos, químicos ou físicos, para posterior fabricação de um novo produto (SHAMSUYEVA; ENDRES, 2021).

### **2.3. Química Analítica Verde**

A Química Analítica é o ramo da química responsável pela separação, identificação e determinação de elementos químicos em diversos tipos de amostras. Os efeitos de algumas dessas atividades rotineiras e poluidoras são prejudiciais para o meio ambiente, independentemente se ocorrem em escala analítica ou maiores. Por exemplo, técnicas como a Cromatografia Líquida de Alta Performance (do inglês HPLC) podem ser responsáveis por gerar 26 milhões a 52 milhões de litros de resíduos químicos todo ano, ao redor do mundo (FUNARI; CAVALHEIRO; CARNEIRO, 2018). Assim, buscando-se maior sustentabilidade nos processos analíticos surge o termo Química Analítica Verde (QAV) que faz referências a estratégias analíticas relacionadas com a QV que geram menos desperdício, menos resíduos tóxicos e apresentam maior aproveitamento energético (GAMA et al., 2019).

Após a criação dos princípios da QV, as primeiras atividades relacionadas à sustentabilidade estavam associadas, em sua maioria, a produtos e processos industriais. Apesar das análises químicas serem um processo complexo e composto por várias etapas, esses princípios provaram que as alternativas verdes podem ser implementadas. Dos 12 princípios da QV, apenas quatro podem ser diretamente aplicados à Química Analítica: 1) Prevenir a geração de resíduos (Princípio 1); 2) Solventes e auxiliares mais seguros (Princípio 5); 3) Eficiência energética (Princípio 6); e 5) Redução da derivatização (Princípio 8) (GAŁUSZKA; MIGASZEWSKI; NAMIEŚNIK, 2013).

Portanto, com o objetivo de aumentar a sustentabilidade dos processos analíticos, mas também não diminuir a qualidade dos resultados, foram criados os 12 princípios da QAV (GAŁUSZKA; MIGASZEWSKI; NAMIEŚNIK, 2013), em sintonia com os princípios da QV, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Princípios Química Verde x Princípios Química Analítica Verde

<b>Química Verde</b>	<b>Química Analítica Verde</b>
Prevenção	Técnicas analíticas diretas devem ser aplicadas para evitar o tratamento da amostra
Economia Atômica	Tamanho mínimo da amostra e número mínimo de amostras
Síntese com reagentes de menor toxicidade	Análises In Situ
Desenvolvimento de compostos seguros	A integração de processos e operações analíticas economiza energia e reduz o uso de reagentes
Diminuição de solventes e auxiliares	Métodos automatizados e miniaturizados devem ser selecionados
Eficiência energética	Derivatização deve ser evitada
Uso de matéria prima renovável	A geração de um grande volume de resíduos analíticos deve ser evitada e a gestão adequada dos resíduos analíticos deve ser fornecida
Redução do uso de derivados	Métodos multi-analitos ou multi-parâmetros são preferidos em relação aos métodos que usam um analito de cada vez
Catálise	O uso de energia deve ser minimizado
Desenvolvimento de compostos degradáveis	Reagentes obtidos de fontes renováveis devem ser preferidos
Análise em tempo real	Reagentes tóxicos devem ser eliminados ou substituídos
Química segura para a prevenção de acidentes	A segurança do operador deve ser aumentada

Fonte: (FARIAS; FÁVARO, 2011; GAŁUSZKA; MIGASZEWSKI; NAMIEŚNIK, 2013)

Os métodos analíticos clássicos, usualmente, demandam de uma grande quantidade de solventes, de reagentes concentrados, de maior consumo de energia

e, em alguns casos, utilizam compostos químicos nocivos à saúde do operador. Algumas estratégias verdes propostas, tais como, análises através de imagens digitais, análise em fluxo, digestão de amostra assistida por micro-ondas e microextração, buscam inovar de maneira sustentável sem perder a qualidade nos resultados (GAMA et al., 2019; MELCHERT; REIS; ROCHA, 2012).

Os procedimentos de preparo de amostras através da digestão assistida por micro-ondas que têm sido propostos utilizam reagentes menos corrosivos em menores quantidades e mais diluídos, necessitando de um tempo menor de digestão por utilizarem frascos fechados, aquecidos por radiação micro-ondas. Dessa forma, geram menos resíduos, diminuem o tempo de análise e consomem menos energia (GAMA et al., 2019).

A QAV tem avançado também com relação às tecnologias de análise em fluxo. Essas estratégias permitem a avaliação da amostra em menor intervalo de tempo e com menores custos. Assim, estão de acordo com os princípios da QV, pois possibilitam a realização de análises utilizando menores quantidades de reagentes e gerando menos resíduos. Além disso, permitem a substituição de reagentes tóxicos por similares, ou que desempenham a mesma função, porém menos nocivos. Apesar das pequenas quantidades utilizadas em cada determinação, não se verifica alteração na qualidade da resposta da análise. Outro aspecto importante é a segurança para o operador, uma vez que o processamento da amostra ocorre em ambiente fechado e automatizado, diminuindo a exposição do mesmo a substâncias tóxicas (MELCHERT; REIS; ROCHA, 2012).

Além da escolha da melhor estratégia analítica a ser aplicada, a seleção do solvente que poderá ser utilizado no processo também é importante. Com o objetivo de diminuir o uso de reagentes perigosos, tóxicos e o seu posterior descarte na forma de resíduos, a QAV tem avançado com pesquisas que buscam utilizar solventes verdes ou processos que não necessitam do uso desses compostos. Pesquisas nesse campo têm reportado o uso de soluções aquosas de etanol, CO<sub>2</sub>, solventes eutéticos naturais profundos (do inglês NADES), soluções iônicas e poliméricas. Além da etapa de escolha do solvente adequado, também emergiram estudos sobre técnicas de extração de analito de maneira miniaturizada, a micro extração (<100 µL) (PŁOTKA-WASYLKA et al., 2021).

Recentemente, têm sido propostos métodos de análises através de imagens digitais, que utilizam imagens capturadas de reações colorimétricas ou luminescentes, entre o analito e um reagente colorimétrico (ZUIN et al., 2020). Os pixels da imagem capturada são transformados em dados e comparados, através de métodos estatísticos, a dados coletados por experimentos analíticos convencionais (DE OLIVEIRA et al., 2020). Essa técnica permite analisar amostras quantitativamente de forma prática, rápida, com baixo custo e mínima geração de resíduos, utilizando câmeras e smartphones (ZUIN et al., 2020).

#### **2.4. Síntese Orgânica x Química Verde**

A síntese é a disciplina da química encarregada da criação de moléculas como fármacos, polímeros, novos materiais, de forma a contribuir com o bem-estar e o progresso social e econômico (PILLI; DE ASSIS, 2018). Economia atômica, uso de catalisadores e condições livres de solventes são princípios da QV atrelados à síntese. O uso de biocatalisadores, utilização de fontes de energia limpa e reagentes renováveis são temas de destaque nesse ramo (ZUIN et al., 2020).

O estudo dos solventes em sínteses é um dos campos de pesquisas relacionadas a QV. Geralmente os solventes constituem maior parte dos resíduos oriundos de uma reação química, pois são amplamente utilizados como meio reacional, com o intuito de facilitar a transferência de massa e/ou calor, e nos processos de purificação do produto. A substituição de solventes tóxicos ao meio ambiente por solventes mais verdes apresenta alta complexidade e necessita de uma visão geral sobre o processo de síntese. (PINTO; RIBEIRO; MACHADO, 2019).

Sob a ótica da QV e do DS, pode-se destacar o processo de síntese sob fluxo contínuo. Essas reações ocorrem de forma permanente em reatores tubulares que podem variar de volume e apresentam vantagens quando comparado ao sistema de batelada. Dentre essas vantagens, destacam-se a economia de energia devido ao melhor controle dos parâmetros reacionais; o menor consumo de reagentes e o menor custo operacional. Além desses fatores, acrescenta-se a segurança em operar reações exotérmicas através desses sistemas, devido ao menor volume reacional e a

possibilidade de síntese de diversas moléculas em um curto intervalo de tempo (DE SOUZA; MIRANDA, 2014).

Dentro da temática de síntese, sobressai-se o tema síntese orgânica, pois esta área proporcionou avanços tanto para a ciência quanto para a sociedade através de descobertas como a hidrogenação catalítica de olefinas, reação de Grignard e a reação de Diels-Alder, todas essas ganhadoras de prêmios Nobel. O progresso desse campo de conhecimento possibilitou avanços nas áreas têxtil, de cosméticos, de polímeros e a indústria farmacêutica, contribuindo direta e indiretamente a sociedade em que vivemos (NICOLAOU, 2018).

A preocupação com possível escassez de recursos não-renováveis, aliada com os princípios da QV, leva pesquisadores a buscarem fontes renováveis de matéria-prima. Com o intuito de alcançar esses objetivos, Landim et al. (2019) relataram a síntese de copolímeros de ureia e ácido succínico, e ureia, ácido succínico e glicerol, através de uma reação polimérica mecanoquímica, sem uso de solventes ou catalisadores. Além da importância para a agroindústria, os polímeros sintetizados podem ser interessantes para a indústria farmacêutica, alimentar, de cosméticos, como ainda, demonstra a possibilidade de polimerizações mais ecológicas através de reações mecanoquímicas.

Desde 1978, fornos micro-ondas são comercializados para fins laboratoriais e, desde então seu uso se tornou essencial em alguns laboratórios de pesquisa. Em síntese orgânica o uso de micro-ondas exhibe melhorias significativas quando comparado com aquecimento convencional, pois apresenta o aquecimento seletivo, o que permite reduzir drasticamente o tempo de reação e conseqüentemente minimiza o gasto energético. Além disso, proporciona maiores rendimentos em algumas reações, diminui o volume de solvente necessário, impactando no custo com aquisição de solventes. Além disso, possibilita a não-utilização de solventes ou o uso de solventes verdes e viabiliza a realização da reação em fase sólida, (BASSYOUNI; ABU-BAKR; REHIM, 2012; PEREIRA et al., 2018; SOUZA; MIRANDA, 2011). A rapidez no desenvolvimento das reações possibilitou o crescimento da indústria farmacêutica, pois a maior velocidade na descoberta de novos fármacos proporciona vantagens competitivas para as empresas do setor (MAVANDADI; PILOTTI, 2006).

Outro aspecto importante da síntese orgânica assistida por micro-ondas é a relação com os princípios da QV. É possível relacionar essa área de pesquisa com

pelo menos quatro princípios da QV, são eles: 2) Economia De Átomos; 3) Síntese De Produtos Menos Perigosos; 6) Busca Pela Eficiência Energética; 9) Catálise (MUKHERJEE, 2021).

## **2.5. Gestão de Resíduos**

Em todos os processos químicos, além do(s) produto(s), são gerados compostos que não apresentam valor comercial ou interesse, os resíduos. Até a década de 1990, os resíduos gerados em atividades práticas laboratoriais eram descartados em pias ou lixos, dependendo apenas do seu estado físico (OLIVEIRA et al., 2020). Durante muito tempo, as universidades promoveram o desenvolvimento de pesquisas sem critérios de sustentabilidade, uma vez que essas instituições não eram consideradas como fonte de poluição (MARINHO et al., 2011), apesar de gerarem rejeitos de alta periculosidade, devido à diversidade de área de atuação, ainda que em pequenas quantidades quando comparado com outras fontes (OLIVEIRA et al., 2020). A partir da década de 1990, começou-se a discutir no Brasil o gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa e foram criados Programas de Gestão de Resíduos (PGR), que visam a atender as normas ambientais vigentes através da análise, rotulagem, pré-tratamento e/ou descarte adequado dos resíduos gerados de acordo com as classificações (AFONSO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2020).

Um programa de gestão de resíduos, que é uma importante ferramenta na defesa da qualidade da saúde e do meio ambiente, inicia-se com a mudança de atitudes, dividindo a atenção tanto entre o produto como nos resíduos gerados, no processo. Existem dois tipos de resíduos que podem ser gerados nos laboratórios: o ativo, que é resultado continuamente na unidade devido às atividades de rotina; e o passivo que é estocado pois não apresenta caracterização (AFONSO et al., 2003). O tratamento de efluentes ativos gerados em um laboratório de pesquisa pode ser complexo devido à diversidade do campo de trabalho dos pesquisadores da instituição (MARINHO et al., 2011). No entanto, os resíduos gerados em atividades laboratoriais de ensino podem ser facilmente identificados e gerenciados (AFONSO et al., 2003).

Esse processo passa pela identificação, tratamento e direcionamento dos resíduos com o intuito de diminuir os impactos ambientais causados. A identificação

das correntes residuais facilita a estocagem, enquanto aguardam tratamento, e permite o planejamento das reações entre si, com a finalidade de desenvolver um procedimento sem a utilização de novos reagentes (MARINHO et al., 2011). Durante o planejamento da reação, devem ser levados em consideração alguns aspectos que contribuem com o gerenciamento dos resíduos, tais como: prevenir a formação dos mesmos, modificar ou substituir o experimento por outro que cause menos impacto, e realizar o trabalho em microescala, o que gera menos resíduos (AFONSO et al., 2003).

Os procedimentos de recuperação e reutilização de resíduos não só contribuem com o meio ambiente e o DS, mas também com os princípios da economia circular. Essa modalidade de gestão dos rejeitos pode proporcionar economia na aquisição de novos reagentes e diminuição de custos com estocagem de resíduos passivos e descarte de resíduos ativos, como aponta o trabalho desenvolvido por Coletti, Tavares e Bendassolli (2019), em que foi realizado um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) para recuperação e reutilização de resíduos de Acetona.

Outro estudo de destaque é a recuperação de platina proposto por Gomes Da Silva et al. (2020). Nesse trabalho, os autores propõem a recuperação de compostos platinídeos, o que diminui os gastos com aquisição de reagente de alto valor, e resulta na recuperação de compostos com alta pureza que podem ser utilizados na síntese de novas substâncias.

Além de transformar a matéria-prima em bens comerciais e energia, a indústria química também se destaca por transformar resíduos em efluentes menos nocivos e/ou recuperar produtos de interesse. Esses novos procedimentos são guiados pela necessidade de se criar meios de produção seguros para as pessoas e o ambiente, reduzindo o impacto da poluição ao longo do ciclo de vida do produto (DE FARIA; DE MEDEIROS; ARAÚJO, 2021).

Um exemplo disso é a utilização de resíduo para tratar outros resíduos proposto por Luo et al, (2021), em que os autores utilizaram sulfito e Azul de Metileno (AM) para oxidar As (III) em As (IV). O processo ocorre através da excitação do AM pela luz visível que provoca a oxidação do sulfito em solução aquosa e gera radicais de  $SO_x$ , que vão ser responsáveis pela oxidação do As (III) em As (IV). O sulfito pode ser obtido como subproduto da dessulfurização de gases de combustão e o AM é encontrado na água residual de indústrias têxteis. Dessa forma, esse procedimento



pode ser utilizado de forma econômica, para tratamento de águas residuais contendo arsênio.

## **2.6 Disciplinas práticas em cursos de química**

Em cursos de graduação na área de química, as disciplinas são separadas por grupos: Química Orgânica; Química Inorgânica; Química Analítica; Química Geral; Físico-Química; Bioquímica, entre outros, (GONÇALVES; ABREU; IAMAMOTO, 2003). Em geral, as disciplinas práticas de Química Orgânica, Química Inorgânica e Química Analítica são as que mais geram resíduos ao decorrer da graduação, o que possibilita a implantação de melhorias relacionadas à QV. (BARBOSA; BARBOSA; FELIX, 2016; MARINHO et al., 2011; PAGNO et al., 2017).

Como forma de atender aos princípios da QV e garantir a redução da poluição causada por aulas práticas em laboratórios, três ações podem ser tomadas: redução ou eliminação da fonte poluidora; reuso dos resíduos; e/ou reciclagem. Dessa maneira, o impacto ambiental ocasionado através de aprendizagens experimentais é reduzido, além de diminuir o custo em aquisição de reagentes e tratamento de resíduos para as universidades (GOH; WONG; ONG, 2019).

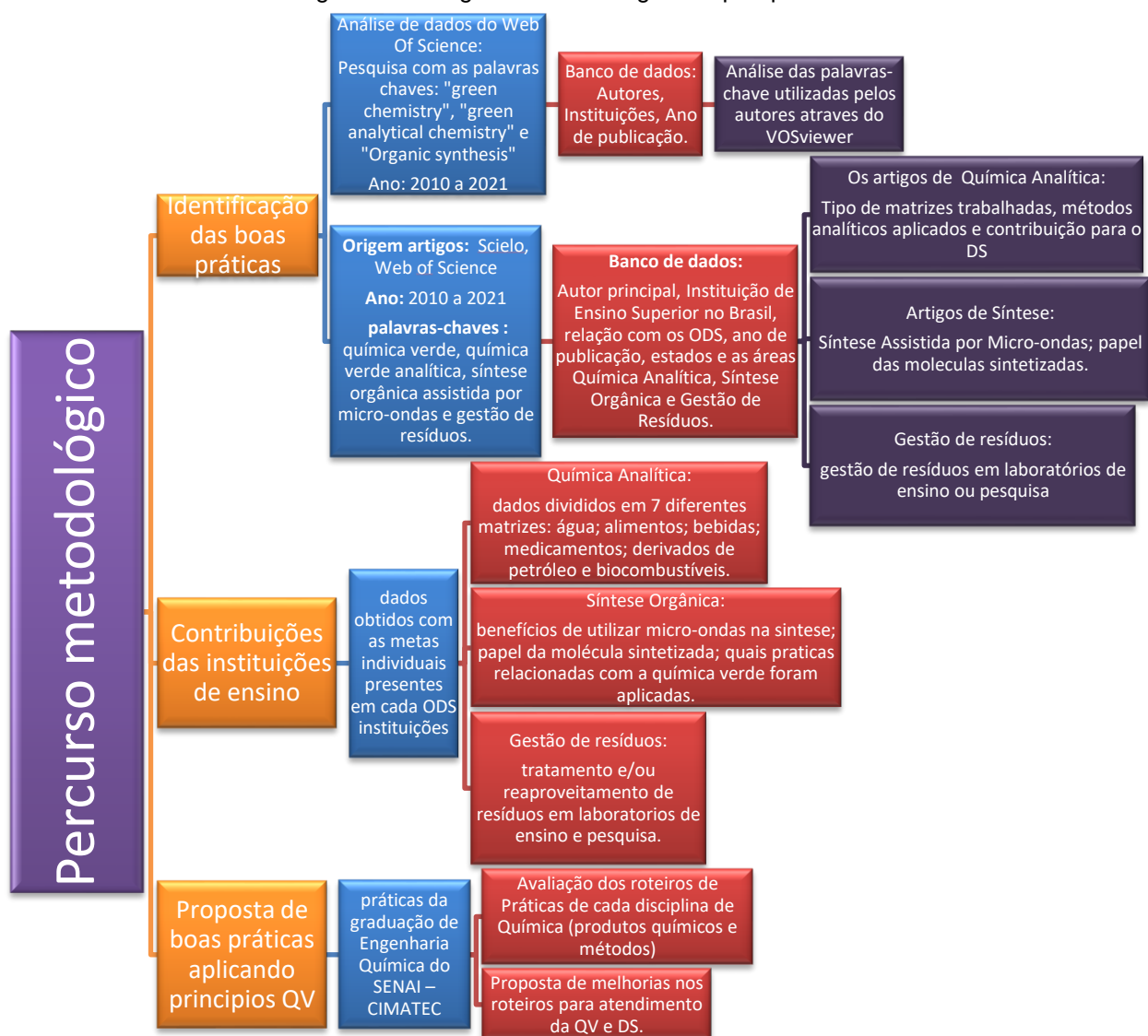
A abordagem e utilização de conceitos da QV em práticas de graduação contribui para a formação do aluno, tornando-o mais ciente de técnicas e procedimentos menos poluidores, e menos agressivos ao ambiente. Além disso, essa abordagem contribui diretamente com o ODS 4, Ensino de Qualidade (ZANDONAI et al., 2014; ZUIN et al., 2019).

Apesar da importância em aplicar os princípios da QV em disciplinas de graduação, não foram encontrados estudos que agrupem informações geradas por pesquisadores e que possam ser aplicados em diferentes instituições para melhorar a sustentabilidade de seus processos práticos de ensino.

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida através das etapas destacadas na Figura 5.

Figura 2. Fluxograma metodológico da pesquisa.



#### 3.1. Identificação das boas práticas da área de química

A pesquisa foi realizada em três etapas, a primeira delas foi a obtenção de dados sobre as áreas química verde, química analítica verde e síntese orgânica. A segunda parte foi a pesquisa, seleção e leitura de artigos para obter dados referentes

aos ODS encontrados nos artigos. A terceira e última etapa refere-se à proposta de boas práticas ao SENAI – CIMATEC.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa no Web Of Science (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>) com as palavras-chave “green chemistry”, “green analytical chemistry” e “organic synthesis”, refinada para artigos publicados entre 2010 e novembro de 2021 e para a região “Brasil”. Foram coletados dados sobre o número de publicações, autores que mais publicaram, instituições afiliadas e, com o auxílio do software VOSviewer®, foram verificadas as tendências relacionadas com as palavras buscadas.

Na segunda etapa foi realizada uma pesquisa nos indexadores Scielo (<https://www.scielo.org>), Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>) e em artigos publicados entre os anos 2010 e 2021 com as palavras-chave, em português e inglês: Química verde, química verde analítica, síntese orgânica assistida por micro-ondas, gestão de resíduos, resíduos químicos, resíduos laboratoriais. Os artigos selecionados para posterior leitura foram de acordo com os seguintes critérios: i) Autor principal estar vinculado à uma Instituição de Ensino Superior no Brasil; ii) Demonstrar no título, palavras-chave, resumo e/ou conclusão e características que se relacionem com os ODS. Os artigos selecionados foram analisados com o intuito de identificar as boas práticas aplicadas e como elas contribuem com os ODS.

No decorrer da análise dos artigos selecionados, também foram mapeados os estados, os autores correspondentes que mais publicaram sobre o tema e ano de publicação. Os artigos foram estudados e agrupados de acordo com as áreas Química Analítica, Síntese Orgânica e Gestão de Resíduos

Os artigos sobre Química Analítica foram reunidos de acordo com as matrizes trabalhadas, e avaliaram-se os métodos analíticos aplicados e como eles contribuem para o DS. A divisão foi feita dessa maneira para evitar sobreposição de técnicas analíticas.

Dentro da área de Síntese foi escolhido o tema Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas, devido ao grande volume de artigos publicados na área e da relação entre o tema e QV.

As boas práticas mais relevantes, objetivando alcançar os ODS e, conseqüentemente, o DS, serão identificadas e propostas para serem implementadas nos laboratórios de Química do Centro Universitário SENAI CIMATEC.

### **3.2. Avaliação das contribuições das instituições de ensino com os ODS's**

Os resultados encontrados a partir da análise dos artigos foram separados por suas áreas: Química Analítica Verde (QAV) e Síntese Orgânica (SO). Os artigos foram lidos na íntegra e foram coletados dados referentes à metodologia trabalhada, benefícios encontrados com o estudo e objetivo da pesquisa.

Entre os artigos da área de QAV, também foram reunidas informações sobre as técnicas analíticas aplicadas, técnicas de preparo de amostras e como elas estão relacionadas com a QV. Foi possível relacionar os dados obtidos com as metas individuais presentes em cada ODS e, por fim, verificar como os estudos e instituições contribuem com o DS. Os trabalhos também foram agrupados de acordo com as matrizes estudadas para melhor discussão sobre as práticas utilizadas. As matrizes foram divididas em sete grupos: água; alimentos; bebidas; medicamentos; derivados de petróleo e biocombustíveis; e Outros, que corresponde a matrizes que tiveram apenas uma ocorrência.

Na área de SO, foram coletados dados referentes ao benefício de se utilizar radiação micro-ondas como fonte de energia, qual o papel das moléculas sintetizadas (quando informado), se foi realizado algum teste de desempenho na molécula sintetizada (quando informado) e quais outras práticas relacionadas a QV foram aplicadas no estudo. A partir disso, os benefícios encontrados foram relacionados às metas presentes nos ODS.

### **3.3. Elaboração da proposta de boas práticas**

A partir da análise dos trabalhos já publicados foi proposto ao Centro Universitário SENAI – CIMATEC possíveis melhorias nas aulas práticas do curso de graduação em Engenharia Química. Para avaliar a possibilidade de aperfeiçoamento, foram analisados, de forma qualitativa, os produtos químicos e métodos utilizados em

19 Roteiros de Práticas das disciplinas de Química Geral, Química Inorgânica e Química Analítica Prática. Após essa etapa, será efetuado um comparativo com as principais ações encontradas nos estudos analisados, para elaborar uma proposta de melhoria de algumas práticas adotadas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estudos Preliminares

Com o intuito de avaliar o estado da arte das publicações sobre o tema química verde e suas áreas relacionadas, foi realizada uma busca na base Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>) com a palavra-chave “green chemistry” e refinada para as datas 01/01/2010 à 16/11/2021. Através dessa busca, foi possível avaliar a relevância da participação brasileira no cenário mundial. Conforme pode ser observado na Tabela 2, o Brasil ocupa a 12<sup>a</sup> posição dentre os países que mais publicaram sobre o tema, com 676 contribuições entre as 19425 encontradas.

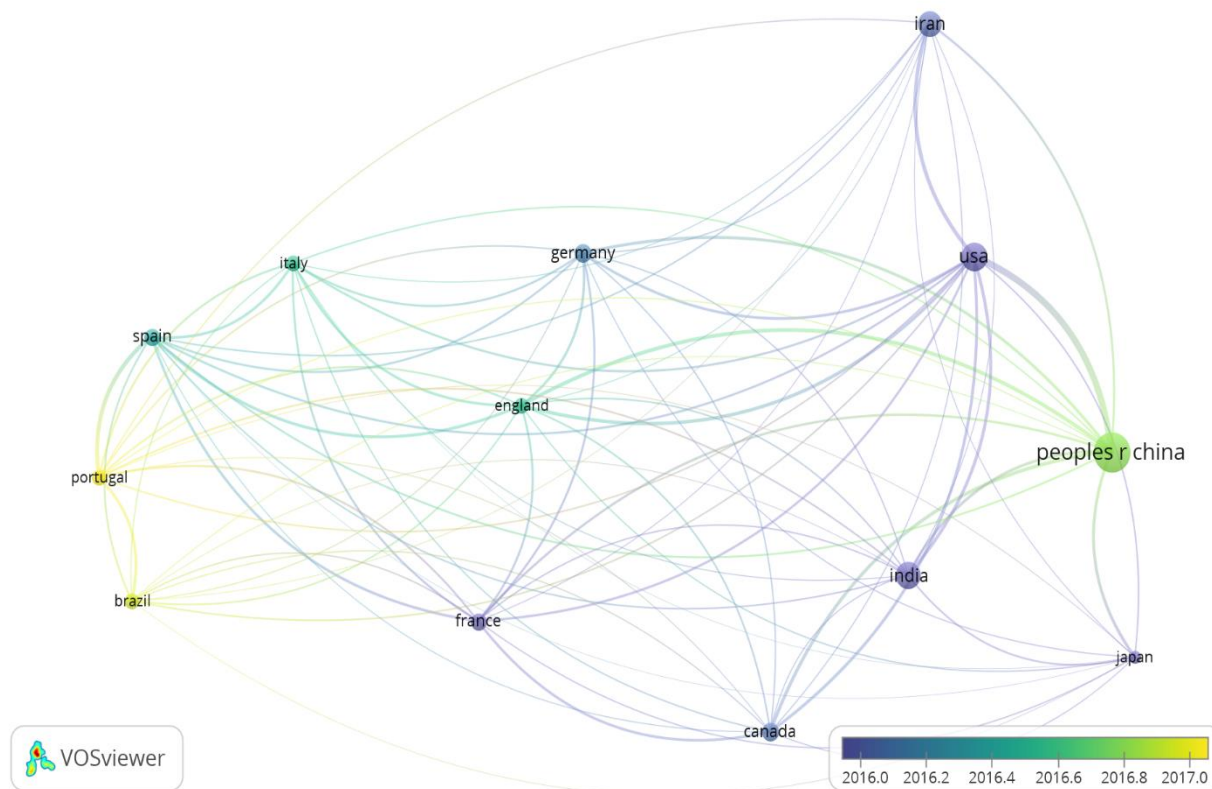
Tabela 2. Número de artigos publicados por país

<b>País</b>	<b>Número de Documentos Publicados</b>
<b>China</b>	4.606
<b>EUA</b>	2.412
<b>Índia</b>	2.173
<b>Irã</b>	1.932
<b>Canadá</b>	961
<b>Alemanha</b>	953
<b>Espanha</b>	899
<b>França</b>	889
<b>Inglaterra</b>	785
<b>Itália</b>	780
<b>Portugal</b>	776
<b>Brasil</b>	676
<b>Japão</b>	540

Com auxílio do software VOSviewer®, foi possível analisar as interações do Brasil com esses outros países e a consolidação do tema em cada país. A Figura 2 apresenta um mapa das relações entre os países, indicando publicações em conjunto dentro do tema analisado. Observa-se também uma variação de cores (roxo à amarelo) indicando o quão consolidado é o tema. Países com cores mais próximas do roxo indicam publicações mais antigas, já os países mais próximos do amarelo

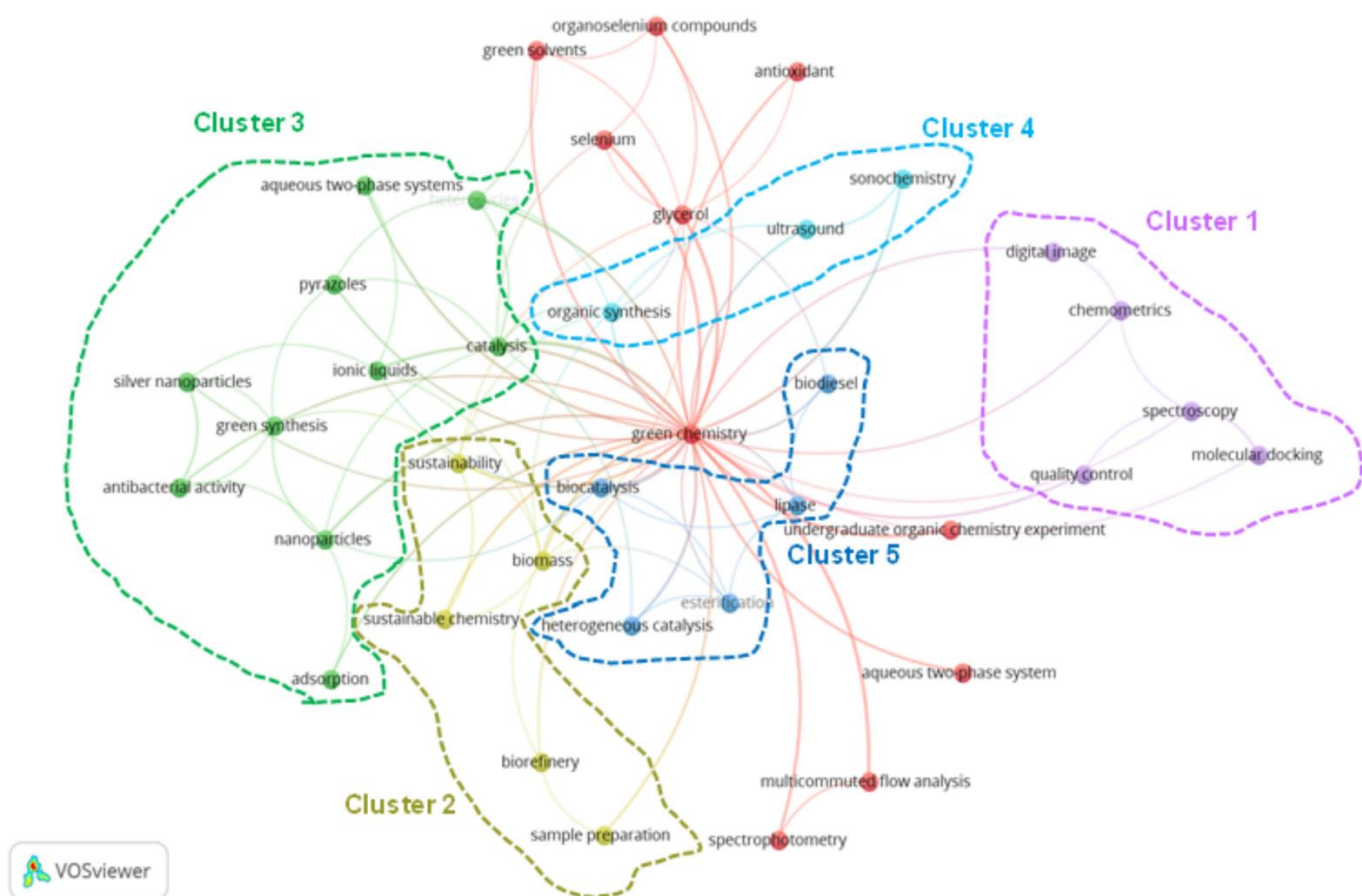
apresentam trabalhos mais recentes. O Brasil está entre o verde e amarelo o que indica que publicações dentro da temática da QV são tendências de estudos.

Figura 3. Países que mais publicaram com a palavra “green chemistry”. Período 2010-2021



Posteriormente, foi realizada a mesma busca, porém foi refinada para os artigos publicados apenas no Brasil. Dessa maneira, foi possível avaliar a evolução das publicações, as instituições que mais publicaram e, com o auxílio do software VOSviewer®, foram analisadas as conexões existentes entre a palavras “green chemistry” e outros temas. No software foi gerado um mapa com as palavras-chave utilizadas pelos autores, com no mínimo 5 ocorrências. Foram encontrados 38 itens separados em clusters conforme Figura 3. É possível analisar o aparecimento de palavras relacionadas à química analítica como: imagens digitais, preparo de amostra, análises em fluxo multicomutado, quimiometria, espectroscopia e espectrofotometria (Clusters 1 e 2). Todas essas palavras remetem ao tema química analítica verde. Outro tema relacionado à química verde é síntese, que pode ser observado através do aparecimento das palavras: síntese orgânica, síntese verde, catálise, catálise heterogênea e biocatálise (Cluster 3, 4 e 5).

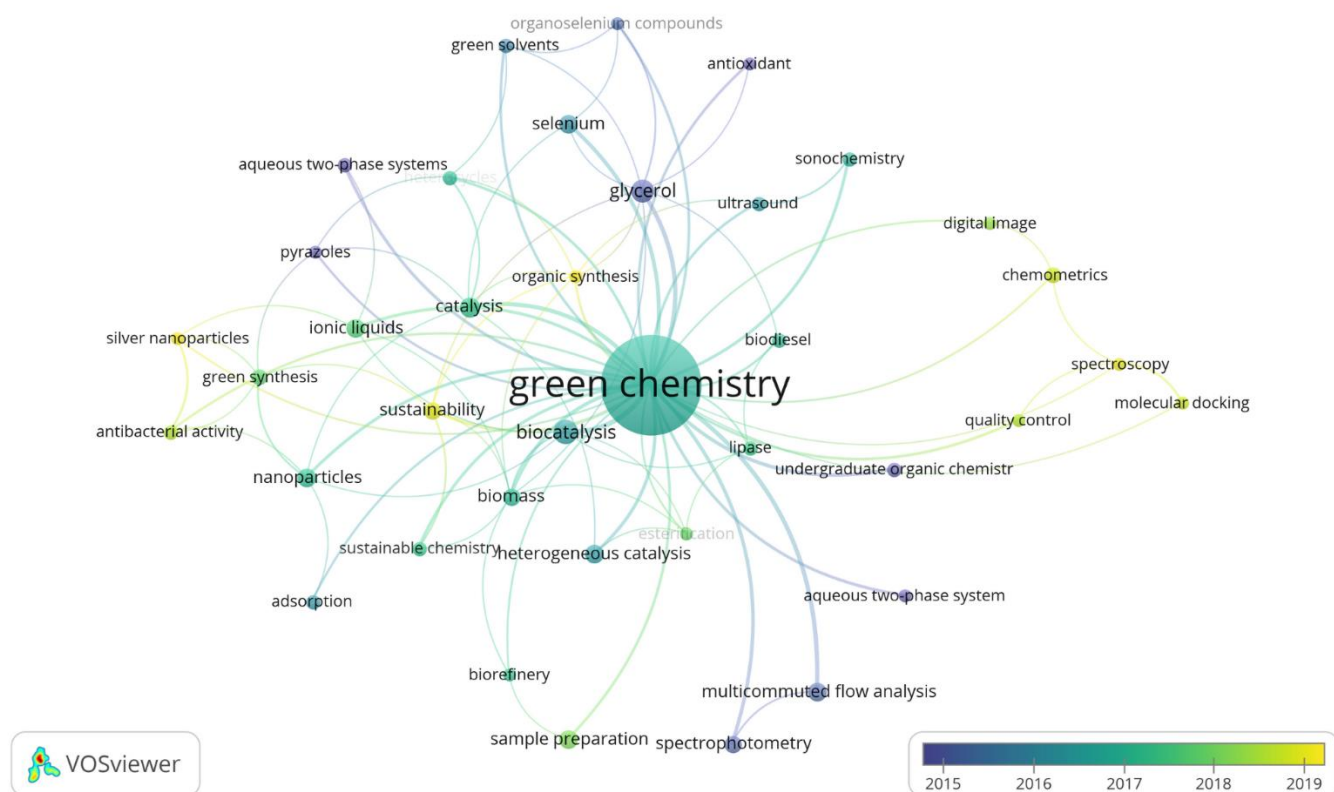
Figura 4. Cluster relacionados à QV. Período 2010-2021



Dentre os cluster relacionados à síntese observa-se que a síntese orgânica é uma nova tendência em publicações na área, pois apresenta coloração amarela, o que indica que os trabalhos na área, em conjunto com a QV são mais recentes. Em relação a QAV, observa-se que as palavras-chave “quimiometria”, “imagens digitais” e “preparo de amostra” apresentam coloração entre azul e verde, indicando maior amadurecimento desse campo (Figura 4).



Figura 5. Palavras-chave relacionadas à QV. Período 2010-2021



A partir da análise de dados, através do VOSviewer®, identificou-se os principais clusters de pesquisas relacionadas à QV entre os anos de 2010 e 2021. Também foram verificados os novos direcionamentos de trabalhos com enfoque em QAV e síntese orgânica. Através dessas informações, é possível apurar em quais tópicos se concentram as ações que contribuem com a QV e, conseqüentemente, com os DS, quais campos estão em ascensão e quais temas ainda podem ser explorados no futuro.

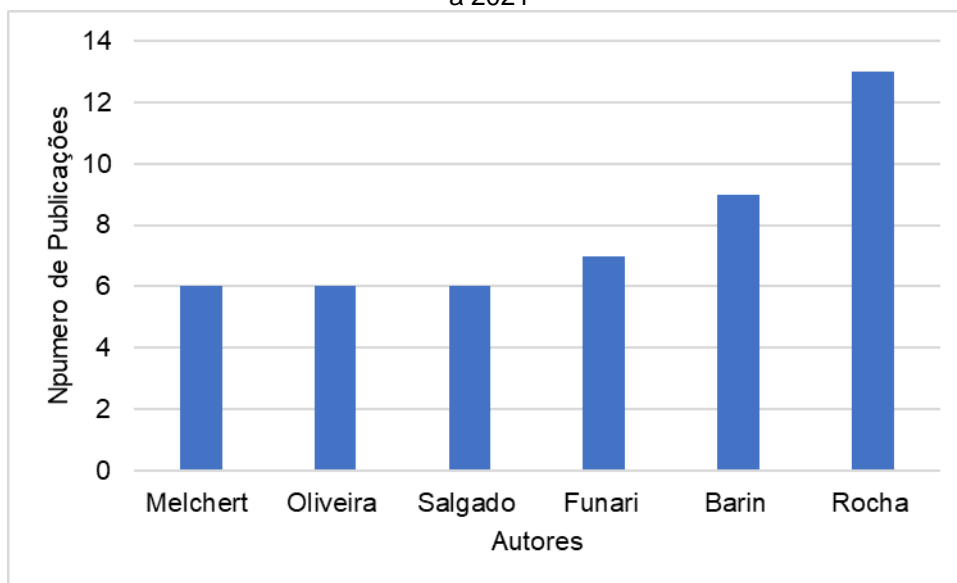
## 4.2. Química Analítica Verde

### 4.2.1. Análise de dados do Web Of Science

Para a coleta de dados sobre os principais autores e instituições afiliadas em que foram desenvolvidos trabalhos sobre o tema, foi utilizado na busca do Web Of Science apenas “Green Analytical Chemistry” para os anos 2010 e 2021 na região “Brasil”. Essa busca apresentou como resultado 73 artigos. No total, foram

apresentados 228 autores (autores principais e co-autores). De acordo com a Figura 6, os autores que mais publicaram sobre o tema são: Fábio R. P. Rocha, Juliano S. Barin, Cristiano S. Funari, Wanessa R. Melchert, Alessandra S. Oliveira e Herida R. N. Salgado com 13, 9, 7, 6, 6 e 6 artigos, respectivamente.

Figura 6. Principais autores que publicaram com "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021



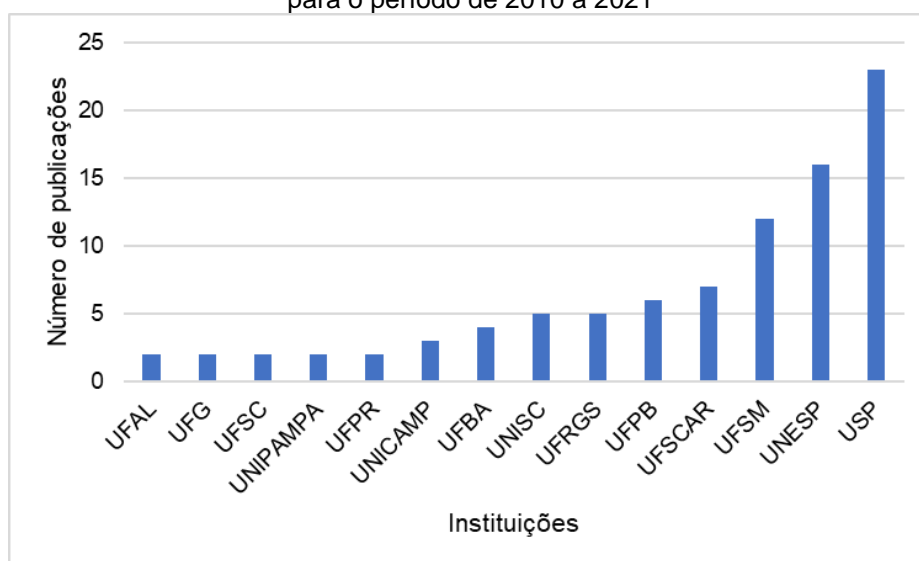
De acordo com a Figura 7 foi observada uma tendência de crescimento a partir do ano de 2015, apresentando maior índice de publicação no ano 2019 e um decréscimo nos anos de 2020 e 2021 que pode ter sido ocasionado pela pandemia do COVID-19.

Figura 7. Quantidade de artigos publicados por ano com o termo "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021



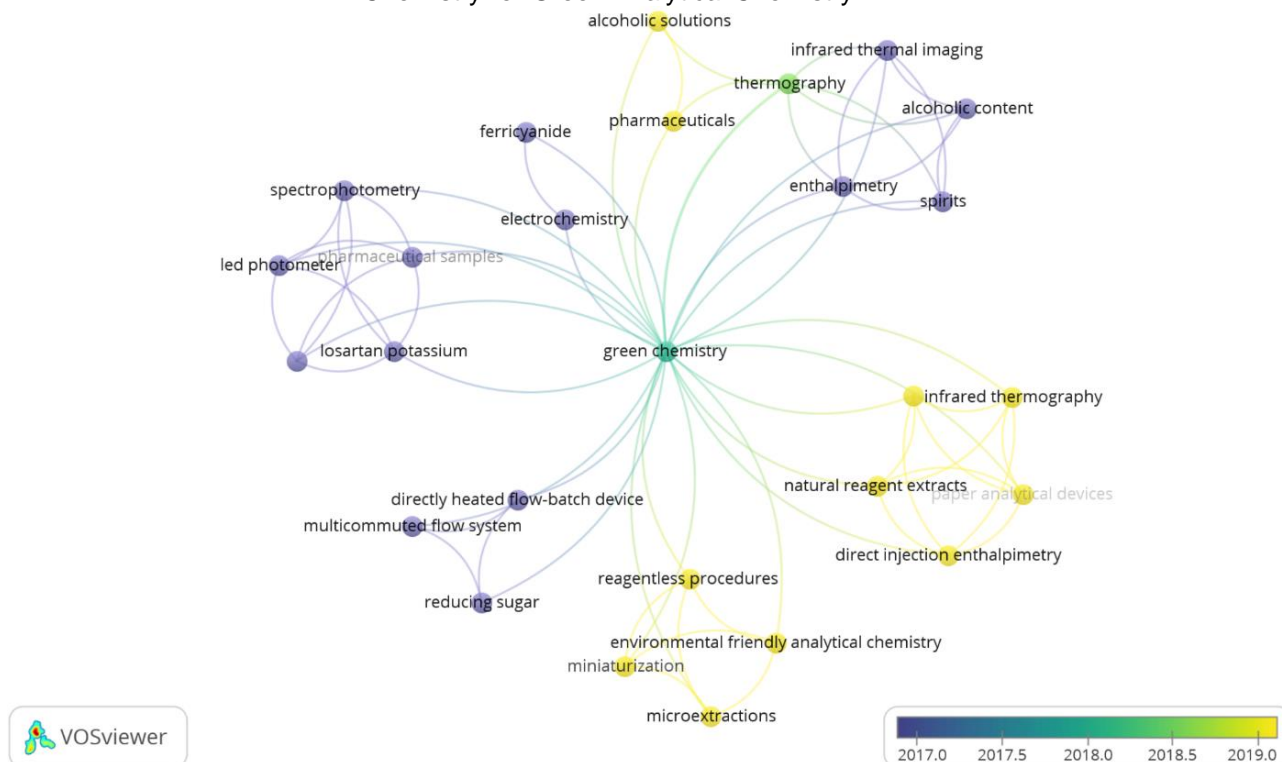
Segundo o WOS, houve registro de 48 instituições vinculadas a publicações com a “Green Analytical Chemistry”. Vale ressaltar que o número de publicações das instituições é superior ao número de artigos (73) devido à existência de co-autoria entre pesquisadores de diferentes instituições. As instituições que apresentaram o maior número de publicações podem ser observadas na Figura 8.

Figura 8. Quantidade de artigos publicados por instituição com o termo "Green Analytical Chemistry" para o período de 2010 a 2021



Com auxílio do software VOSviewer®, foram analisadas outras palavras que se relacionam com “Green Chemistry” e “Green Analytical Chemistry” com o intuito de estabelecer um perfil de tendência. No total foram apresentadas 48 palavras que apareceram pelo menos uma vez, porém, apenas 27 demonstraram conexões com as palavras de pesquisa e foram exibidas no software. De acordo com a Figura 9, observa-se um direcionamento em publicações sobre soluções alcoólicas, procedimentos com menos reagentes, miniaturização, microextração, termografia infravermelha e reagentes naturais. Todos esses termos apresentam coloração amarelada, o que indica que são campos de pesquisa mais recentes e não tão amadurecidos.

Figura 9. Grau de amadurecimento dos termos utilizados pelos autores relacionados à "Green Chemistry" e "Green Analytical Chemistry"



#### 4.2.2. Análise dos artigos

A pesquisa realizada no Scielo com as palavras *Green Chemistry* e *Green Analytical Chemistry* para os anos de 2010 a 2021 apresentou 23 resultados. Já a pesquisa feita no WOS para a palavra "Green Chemistry" e refinada para "Analytical Chemistry", no mesmo período, apresentou um resultado de 159 artigos. Dentre os 182 trabalhos encontrados, foram selecionados aqueles que apresentaram em seu resumo, introdução e/ou conclusão os benefícios atrelados à QV encontrados no estudo em questão e estavam disponíveis na íntegra nas plataformas. Neste contexto, apenas 80 trabalhos foram selecionados para avaliação com o intuito de se obter informações referentes aos ODS que estavam contemplando. Vale destacar que para evitar sobreposição das técnicas analíticas, os trabalhos foram agrupados de acordo com as matrizes estudadas para melhor discussão sobre as práticas utilizadas.

Com base na análise dos artigos por ano de publicação, verifica-se o aumento do número de trabalhos publicados a partir do ano de 2017 (Figura 10), com exceção para o ano de 2021, que foi avaliado por seis meses, até o mês de junho. Isso pode ser creditado a maior divulgação dos princípios da QV e do DS, resultando em

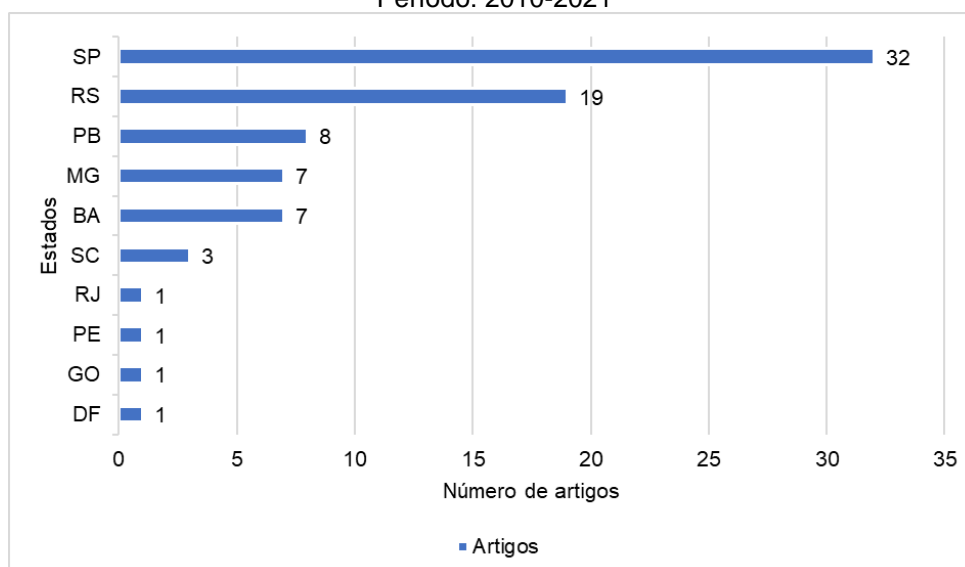
trabalhos científicos envolvendo procedimentos experimentais eficientes com menor geração de resíduos, que utilizam reagentes/solventes menos tóxicos e visam a aumentar a eficiência nos processos analíticos.

Figura 10. Quantidade de artigos publicados por ano, sobre Química Analítica Verde, para o período de 2010- junho de 2021

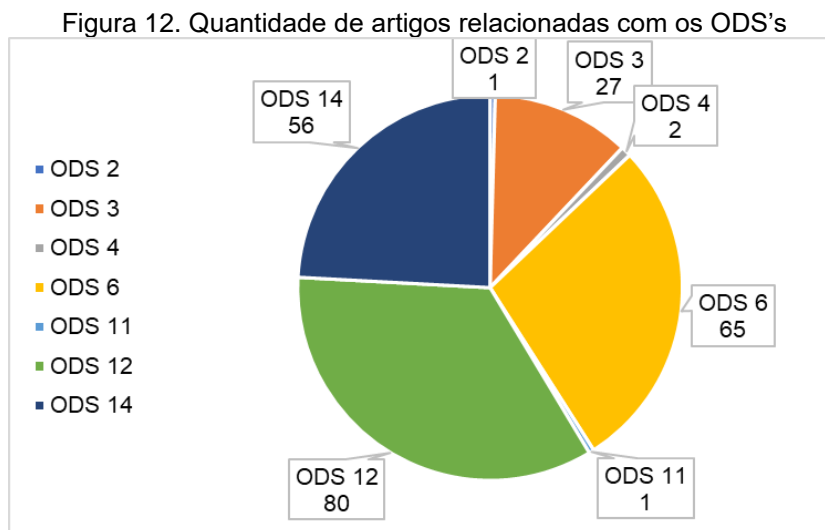


Constata-se também uma maior participação das instituições de seis estados brasileiros (Figura 11), com atuação destacada dos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, tendo, juntos, aproximadamente 64% do número total de artigos publicados com enfoque na Química Verde.

Figura 11. Quantidade de artigos avaliados com enfoque na química verde por estado. Período: 2010-2021



Através da análise dos artigos selecionados, verifica-se que os métodos propostos contribuem com sete ODS, listados a seguir: ODS 2, ODS 3, ODS 4, ODS 6, ODS 11, ODS 12, ODS 13 e ODS 14 (Figura 12).



Os 80 artigos estudados demonstraram preocupação com os resíduos gerados e contribuíram com o ODS 12, atendendo as metas 12.4 e 12.5 (Anexo 1), que têm como propósito diminuir o despejo de produtos químicos para água, ar e solo através da redução, prevenção reciclagem e reuso.

Em 27 trabalhos analisados, constata-se contribuições com o ODS 3 através das metas 3.9 e 3.8 (Anexo 1) que visam a diminuir o número de mortes e doenças ocasionadas por produtos químicos e garantir o acesso à saúde de qualidade. Os artigos estudados contribuíram com esse objetivo ao determinar os produtos tóxicos em amostras, substituição de solvente/reagentes tóxicos por similares ambientalmente benigno e/ou por desenvolver análises em medicamentos através de métodos associados à QV.

Outras contribuições de destaque foram de 56 e 65 trabalhos relacionados com os ODS 14 e 6, respectivamente. Esses estudos contribuem com as metas 14.1 e 6.3 (Anexo 1), que buscam melhorar a qualidade da água através da diminuição de resíduos gerados e através do controle de qualidade da água.

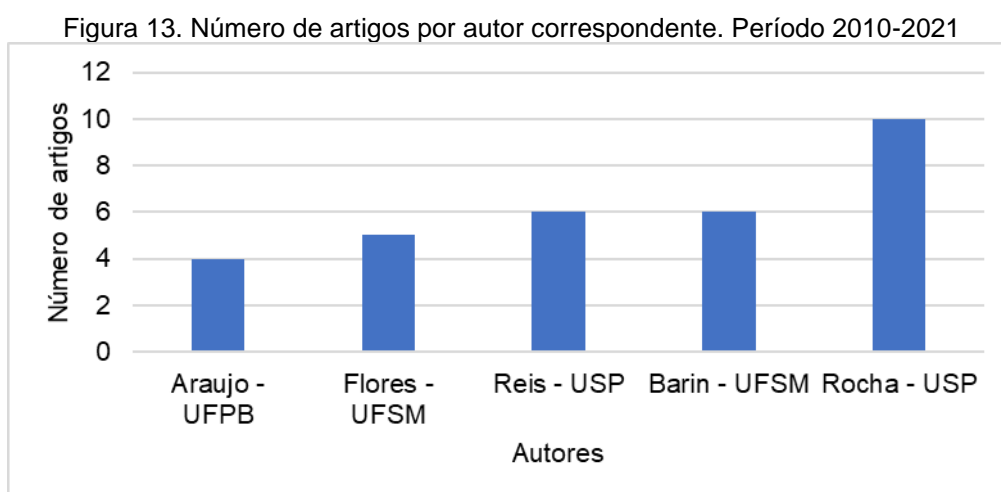
Dois artigos colaboraram com a ODS 4, pois propuseram práticas analíticas para graduação de acordo com os princípios da QV (FINAZZI et al., 2016; VIEIRA et al.,

2017) atendendo as recomendações da meta 4.7 (Anexo 1) que defende o ensino de práticas sustentáveis. O uso dos princípios da QV nos cursos de graduação das instituições de ensino deve ser estimulado, o que pode resultar na formação de profissionais mais conscientes em relação aos problemas ambientais e de suas possíveis soluções.

Um artigo contribuiu com o ODS 11, pois realizou o tratamento dos resíduos gerados no experimento. Esse rejeito foi tratado com persulfato de potássio e irradiação ultravioleta, diminuindo em 94% o carbono residual e não sendo tóxico para o teste realizado com bactéria *Vibrio fischeri* (MELCHERT; ROCHA, 2010).

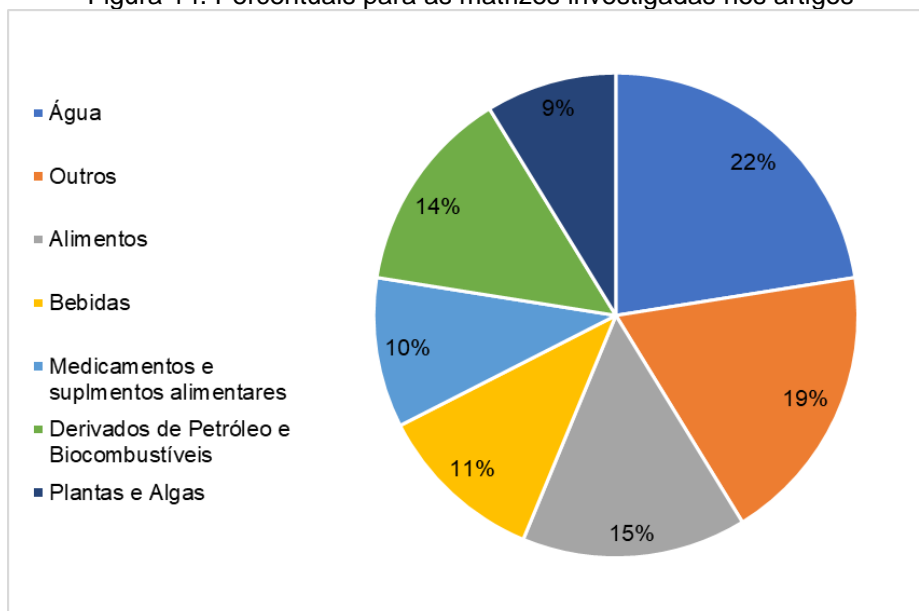
O trabalho desenvolvido por Assirati et al. (2020) contribuiu com o ODS 2, pois defende que algumas substâncias químicas de alto interesse são desperdiçadas na indústria sucroalcooleira. Assim, dúzias de compostos bioativos que são queimados, podem ser obtidos e reaproveitados economicamente através da extração dos subprodutos gerados, contribuindo para uma agricultura mais sustentável como defendido pela meta 2.4 (Anexo 1).

Por fim, de acordo com a Figura 13, os pesquisadores que se destacaram como autores correspondentes pelo maior número de publicações foram: Fábio R. P. Rocha (USP), Juliano S. Barin (UFSM), Boaventura F. Reis (USP), Erico M. M. Flores (UFSM) e Mario C. U. Araujo (UFPB) com 10, 6, 6, 5 e 4 artigos, respectivamente. Comparando com a Figura 5, percebe-se que Rocha e Barin continuam se destacando como os autores que mais publicaram sobre o tema QAV, e o aparecimento de outros autores, como Reis, Flores e Araújo.



. As matrizes investigadas nos artigos analisados foram divididas em sete grupos conforme a Figura 14: água; alimentos; bebidas; medicamentos e suplementos alimentares; derivados de petróleo e biocombustíveis; plantas e algas; e Outros.

Figura 14. Percentuais para as matrizes investigadas nos artigos



Dentre os artigos examinados, em 22% foram utilizadas amostras de água como matriz. Destacam-se entre esses trabalhos análises miniaturizadas, automatizadas e análises diretas sem preparo de amostra através de análises digitais e raios-X. Entre as técnicas de preparo de amostra encontram-se as microextrações e extrações utilizando solventes verdes.

Os métodos analíticos miniaturizados têm como base a utilização de pequenas quantidades de reagentes e solventes para realizar determinada análise, sem perder a eficiência analítica. No trabalho desenvolvido por Souza, Sasaki e Rocha (2020) foi proposto um método para a determinação de ácido salicílico presente em água, um poluente emergente, através da cromatografia com injeção sequencial, realizando a etapa de pré-concentração do analito diretamente na coluna. O sistema operou de forma miniaturizada e automatizada, diminuindo os riscos inerentes ao processo para o operador.

Recentemente, em trabalho desenvolvido por Lima et al. (2020) foi reportado o uso de analisador de fluxo contínuo por batelada, acoplado com geração de hidretos e espectrometria de fluorescência atômica para determinação de antimônio inorgânico



presente em água. Os autores ainda relataram que o método foi capaz de realizar 54 análises por hora, utilizando pequenas quantidades de amostras (600 µL) e 0,01 g de NaBH<sub>4</sub> por especificação, dessa forma otimizando o processo analítico e gerando menos resíduos.

No trabalho proposto por Morelli et al. (2020) foi desenvolvido um novo dispositivo para microextração adsorptiva em barra, utilizando pequenos pedaços de cortiça reaproveitada. Além de contribuir para a economia circular ao reciclar a cortiça, o estudo traz como vantagem menos tempo para a etapa de preparo da amostra (75 minutos) e apenas 120 µL de uma mistura de 50% de acetonitrila e 50% de metanol para fase de dessorção. Apesar de serem utilizados solventes potencialmente tóxicos, o trabalho utilizou volumes menores ou equivalentes para efetuar a dessorção, quando comparado com métodos de referência.

Em 15% dos artigos, as matrizes investigadas foram relacionadas a produtos de gênero alimentício, como farinhas, frutas, mel e comida animal. Entre esses trabalhos foram empregados métodos entalpimétricos, imagens digitais, análises em fluxo e diretas, além de digestão assistida por micro-ondas como técnica de preparo de amostra.

Borges et al. (2020) apresentaram um método analítico para análise de óleo de soja através da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), substituindo a fase móvel, acetonitrila, por etanol e a coluna C18 por uma coluna fenil-hexil. Comparado com métodos padrões validados, o estudo não demonstrou perda da eficiência analítica, e conseguiu contribuir com os princípios da QAV, pois diminuiu o número de etapas e, conseqüentemente, a energia e o tempo gastos, reduz também os resíduos tóxicos gerados, ao realizar a substituição de acetonitrila por etanol, e utiliza quantidades mínimas de amostra.

Em outro trabalho desenvolvido por De Oliveira et al. (2020) foi proposta uma microtitulação associada ao uso de imagens digitais para determinação de ácidos em frutas cítricas. O método proposto diminuiu a geração de resíduos quando comparado com o método padrão, a titulação convencional, em até 99,9%.

Almeida et al. (2018) também propuseram um método analítico baseado na avaliação de imagens digitais. A proposta buscava determinar sulfito em vinagre através de um analisador em fluxo de forma miniaturizada e automatizada. O procedimento proposto gerou menos resíduos (2,7 mL por determinação) quando

comparado com métodos oficiais e alternativos, apesar de utilizar maior quantidade de reagentes.

Dalla Nora et al. (2018) propuseram a determinação do valor de saponificação de óleos comestíveis através de um método entalpimétrico miniaturizado. O método apresentado ganhou destaque entre os convencionais e outros alternativos alinhados com a QV, por utilizar o mesmo recipiente (micropratos) para o preparo da amostra e análise. Além disso, permitiu análises simultâneas e apresentou uma diminuição na massa de amostra utilizada, e na média, reduziu a quantidade de resíduos gerada em 15 vezes.

Uma proposta de experimento envolvendo digestão assistida por micro-ondas de arroz e músculo bovino foi relatada por De Mello et al. (2020). Em seu estudo, os autores propõem a recuperação do ácido nítrico usado na digestão através da destilação sub-boiling para posterior utilização. O estudo traz como benefício a diminuição nos resíduos ácidos gerados, pois parte do ácido é recuperado e reutilizado, atendendo aos princípios da química verde/química analítica verde: “reduzir, reciclar e reusar”.

Em 11% dos estudos avaliados foram feitas análises em bebidas, como vinhos, cachaças e leite. Para essas matrizes foram empregados métodos automatizados, entalpimétricos, análise direta, digestão assistida por micro-ondas e microextração.

Seguindo esta premissa, Lima et al. (2013), relataram um método a base de imagens digitais com a finalidade de determinar taninos em chá verde. Em seu estudo, os autores desenvolveram o próprio micro analisador fluxo-batelada a base de uretano-acrílico, para realizar a captura de imagens digitais, baseadas no modelo RGB (red-green-blue). O dispositivo criado permitiu análises rápidas, com uma frequência de 190 análises por hora e gerando apenas 306  $\mu$ L de resíduos.

Ferreira et al. (2020), propuseram a determinação de ácidos voláteis, fixos e totais em vinhos tintos, brancos e espumantes através da entalpimetria térmica no infravermelho (do inglês TIE). O método consiste na obtenção de imagens através de uma câmera infravermelho, que com um auxílio de um software, gera imagens capazes de medir a temperatura. A concentração dos ácidos presentes nas amostras foi calculada através da proporcionalidade entre a diferença de temperatura antes da reação e após a reação com hidróxido de sódio. Além de propor um método novo para

determinação de acidez, o trabalho ainda inova ao sugerir a substituição de micro pratos de plásticos por papel.

Acevedo et al. (2018) relataram um novo procedimento para determinação de surfactantes aniônicos em leite. Essas substâncias podem ser utilizadas para adulterar o leite, e podem ocasionar algumas doenças como taquicardia, problemas renais e de coagulação. O artigo propõe uma nova metodologia para determinação desse adulterante, utilizando micro-extração líquido-líquido e imagens digitais. Esse novo método é capaz de realizar o preparo das amostras em 15 minutos, enquanto são necessários 50 minutos em outros métodos. Foi possível também realizar a determinação em 16 amostras simultaneamente no mesmo intervalo de tempo. A proposta apresentada reduz o consumo de reagentes entre 33 e 1200 vezes.

Em 10% dos estudos, foram realizadas análises em medicamentos ou suplementos alimentares. Entre esses estudos, destacam-se estratégias e técnicas analíticas como entalpiometria, cromatografia, análise em fluxo, análise através de imagens digitais, métodos turbidimétricos e digestão assistida por micro-ondas.

O uso de sistemas automatizados diminui os riscos ao usuário, pois reduz a exposição a substâncias tóxicas e torna o processo analítico menos dependente do operador (MELCHERT; REIS; ROCHA, 2012). Lima et al. (2016) realizam determinação de Captopril empregando quimioluminescência, através da reação de hipoclorito com luminol, em um sistema sob fluxo contínuo e automatizado. O hipoclorito reage com o captopril, e o hipoclorito restante na reação reage com o luminol, ou seja, a reação entre hipoclorito e luminol é inversamente proporcional à reação de hipoclorito e captopril. Através desse método, foi possível obter uma taxa de 164 determinações por hora, com o consumo de 9 µg de luminol e 42 µg de hipoclorito, e formação de 0,63mL de resíduo.

Em um trabalho desenvolvido por Kogawa, Van Schepdael e Salgado (2019) foi proposto um método empregando eletroforese capilar para quantificação de Rifaximina em comprimidos, utilizando nanolitros de amostra, enquanto o procedimento empregando HPLC utiliza reagentes na faixa de microlitros. O estudo proposto ainda utiliza etanol e água como solventes no preparo da solução de Rifaximina. Dessa forma, o método gera menos resíduos e não gera rejeitos tóxicos, pois os solventes utilizados são considerados verdes.

Tótolli e Salgado (2020) propuseram a utilização do método turbidimétrico miniaturizado para a análise de Besioflaxin, um antibiótico oftalmológico. Comparado com o HPLC, o método proposto não utiliza solventes orgânicos, gera menos resíduos, apresenta menor custo, uma vez que os equipamentos utilizados são mais baratos e necessita de um menor volume de cultura, o que aumenta a segurança para o operador.

Em outro trabalho, Pereira et al. (2019) reportaram a determinação de traços de metais e não metais em suplementos alimentares, através da espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES - do inglês Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry), com digestão assistida por micro-ondas. A metodologia utilizada tem como vantagem o uso de ácido diluídos no preparo das amostras como alternativa ao uso de ácidos concentrados. Dessa maneira, diminui o risco para o operador, reduzindo o consumo de reagentes e conseqüentemente, gerando menos resíduos. O estudo também se mostra importante ao concluir que existem diferenças alarmantes entre os valores encontrados e os valores informados pelo fabricante. Os autores sugerem que essa diferença pode ser associada ao uso de técnicas analíticas inapropriadas. Como não existe regulamentação sobre o controle de qualidade dos suplementos, o estudo alerta sobre a importância da análise de rotina, pois o consumo de suplementos alimentares adulterados ou de baixa qualidade podem ocasionar problemas de saúde.

Amostras de derivados do petróleo e biocombustíveis corresponderam a 14% dos artigos estudados. Entre esses estudos, ressaltam-se as estratégias analíticas como análises através de imagens digitais, volumetria, termogravimetria, cromatografia, análises em fluxo e preparo de amostra através de microemulsões.

Sanches Filho et al. (2020) propuseram a análise da fase aquosa oriunda da pirólise de biomassa para produção de bio-óleo, através da cromatografia a gás. O diferencial na metodologia proposta está na etapa de separação entre a fase orgânica e a fase aquosa. Como substituição para extração líquido-líquido, sugere-se o uso da liofilização como forma de separação dos compostos orgânicos ainda presentes na fase aquosa. O artigo demonstra uma recuperação maior de compostos orgânicos a partir do método proposto, com um menor número de etapas necessárias e diminuição na geração de resíduos, pois não utilizam solventes orgânicos.

O emprego de imagens digitais juntamente com dados quimiométricos foi proposto por Ribeiro et al. (2019) visando investigar a oxidação em óleos lubrificantes armazenados. Essa metodologia permitiu a análise in situ, de forma simples e rápida, sem a geração de resíduos químicos.

A determinação de mercúrio em nafta e condensado de petróleo através da geração de vapor fotoquímico acoplada a espectrometria de absorção atômica foi proposta por De Jesus et al. (2013). Os autores utilizaram microemulsões sem detergente objetivando evitar processos de digestão na etapa de preparo da amostra, e dessa forma verificou-se redução significativa da quantidade de resíduos gerados.

Lima, Kamogawa e Reis (2019) investigaram um método espectrofotométrico de absorção molecular no visível, para determinação do sulfato em etanol, através da reação com o bário e posteriormente a reação do bário restante com o reagente metilsulfonazo III, no comprimento de onda 665 nm. A metodologia proposta se destaca por não necessitar de procedimentos de preparo de amostra e do baixo volume de efluente gerado.

A eficiência da termogravimetria como método para análise da conversão de biodiesel foi avaliada por Gaglieri et al. (2019). Segundo os autores, o método é eficiente quando comparado com a metodologia padrão, que utiliza cromatografia a gás, apresentando as vantagens de não utilizar solventes orgânicos como heptano e tolueno, e não gerar resíduos. Além disso, essa técnica já é utilizada para determinar outras propriedades do óleo, portanto diminui o tempo total de análise do material.

A determinação de iodetos em biodiesel através de um método colorimétrico juntamente com análise em fluxo foi relatada por Soares e Rocha (2018). Assim, a metodologia proposta apresentou como vantagens a não utilização de componentes tóxicos (tetracloro de carbono e ciclohexano), a maior velocidade de análise e menor quantidade de resíduos gerados.

Matrizes como folhas, tabaco, plantas medicinais, extrato de tanino e algas correspondem a 9% dos artigos avaliados. Destacam-se as técnicas cromatográficas, a análise através de imagens digitais e o preparo da amostra e a utilização digestão assistida por micro-ondas e ultrassom.

Funari, Cavalheiro e Carneiro (2018) apontam o uso de coluna monolítica para realizar a análise em plantas, com o objetivo de descobrir os constituintes presentes nas folhas, substituindo um solvente potencialmente tóxico (acetoneitrila) por um

solvente verde (etanol). Os autores salientaram ainda que não há necessidade de se utilizar novas tecnologias para substituir solventes nocivos por solventes verdes, mas apenas a mudança na abordagem dos pesquisadores.

Grasel et al. (2016) propõem a análise de seis tipos diferentes de extrato de taninos através de imagens digitais obtidas por meio de um smartphone. Essas imagens são avaliadas por um aplicativo, de maneira barata, rápida e sem utilizar produtos químicos, desse modo não gera resíduos químicos e apresenta maior eficiência energética.

A estratégia de análise direta também foi utilizada no trabalho de Brito, Teixeira e Korn (2017), que realizaram a análise de Ca, K e Mg em macroalgas através da fluorescência de raios-X por energia dispersiva (EDXRF). Através desse método, foi possível avaliar a presença desses íons de forma simples, prática, diminuindo drasticamente a etapa de preparo de amostra.

Cheila et al. (2020) relatam a aplicação da digestão assistida por ultrassom, utilizando solvente hidroetanólico, para extrair compostos bioativos de plantas, visando à determinação por HPLC-DAD. Apesar de utilizar metanol como fase móvel na coluna, o estudo contribui com os princípios da QV ao utilizar solvente com baixa toxicidade na fase de preparo de amostra, e desenvolver essa etapa de maneira simples, rápida e com baixo consumo energético.

Vale destacar que 19% dos trabalhos avaliados foram classificados como Outros, porque as matrizes estudadas tiveram baixa ou nenhuma repetição. Entre esses estudos foram abordados entalpietria térmica, análise em fluxo, análise direta, microextração e digestão assistida por micro-ondas/ultrassom.

Pereira et al. (2016) realizaram uma comparação entre combustão iniciada por micro-ondas (MIC), digestão assistida por micro-ondas (MAWD) e digestão assistida por micro-ondas com câmara de reação única (MAWD-SRC) para a digestão de PVC. Assim como outras matrizes poliméricas, o PVC é difícil de decompor, no entanto, a decomposição do PVC apresentou melhor resultados para o MIC, por utilizar ácidos diluídos (3 mol/L HNO<sub>3</sub>) e realizar a digestão em apenas 5 min.

Silva et al. (2020) investigaram um método para prever alguns componentes presentes no solo empregando Fluorescência de Raios-x portátil, com precisão adequada. O método proposto tem o objetivo de reduzir os custos, tempo e geração

de resíduos quando comparado com o tradicional, que demanda grandes quantidades de ácido sulfúrico, além de permitir o ensaio *in situ*.

Nascimento, Da Rocha e De Andrade (2018) determinaram a presença de pesticidas em partículas atmosféricas existentes no ar através da cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas. O estudo ganha destaque pois foi possível especificar uma grande variedade de pesticidas, utilizando a extração miniaturizada (microextração), com solventes menos agressivos ao meio ambiente, em menor quantidade e com um tempo total de análise inferior aos outros artigos de referência.

A Tabela 3 demonstra as estratégias analíticas mais empregadas e os principais benefícios alcançados.

Tabela 3. Principais estratégias analíticas empregadas e seus benefícios

<b>Estratégia Analítica</b>	<b>Benefício(s)</b>
Entalpietria	Análises rápidas; Baixo consumo de amostra e reagentes.
Análises em Fluxo	Automatização do processo; Menores volumes de amostra e reagente; Menor exposição para o operador.
Imagens Digitais	Análise direta ou com baixo volume de amostra e reagentes; Análises <i>in situ</i>
Espectrometria de Fluorescência de Raios-x	Análise direta ou com baixo volume de amostra e reagentes.
Digestão Assistida por Micro-Ondas/Ultrassom	Utilização de ácidos diluídos ou reagentes oxidativos não ácidos (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ); Menor tempo de preparo; Menor gasto energético.
Micro Extração	Menores volumes de solventes utilizados; Possibilidade de utilização de solventes verdes.

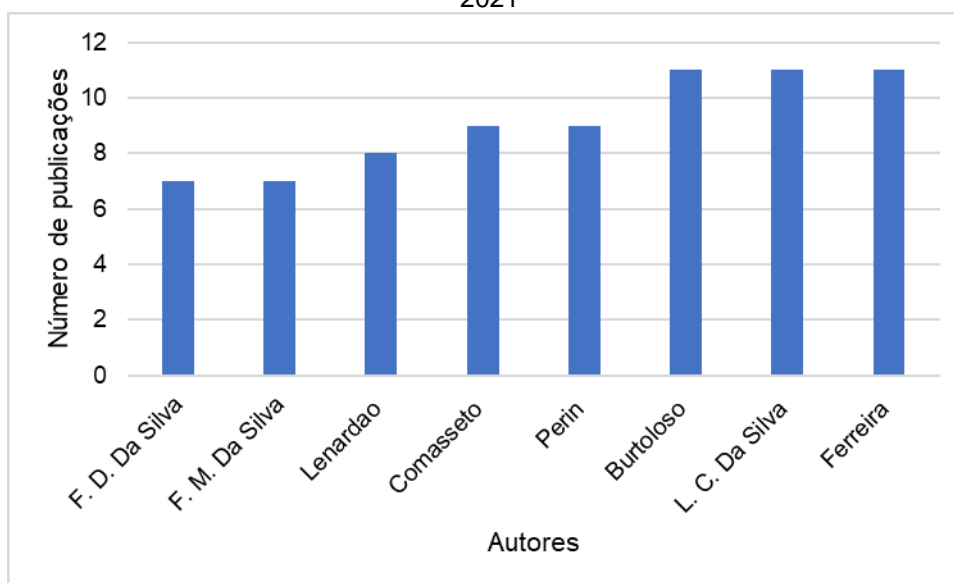
Apesar da variedade de estratégias analíticas encontradas foi constatada a tendência em diminuir os resíduos gerados nas análises, seja pela miniaturização do procedimento, utilização de reagentes diluídos e/ou menos nocivos ao meio ambiente. Dessa forma a QAV tem exercido papel importante cooperando com os ODS em busca do DS.

### 4.3 Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas

#### 4.3.1 Análise de dados do Web Of Science

Para a etapa de coleta de dados sobre os principais autores e instituições que publicaram sobre síntese orgânica foi realizada busca no WOS com o termo "Organic Synthesis", para os anos 2010 a 2021 e região do Brasil. Como resultado foram encontrados 341 artigos e 1323 autores (autor principal e co-autor). De acordo com a Figura 15 os autores que mais publicaram sobre o tema são: Antonio C. B. Burtoloso, Luiz Carlos da Silva, Vitor F. Ferreira, João V. Comasseto, Gelson Perin, Eder J. Lenardão, Fernando C. da Silva, Flávia M. da Silva com 11, 11, 11, 9, 9, 8, 7 e 7 respectivamente.

Figura 15. Autores que mais publicaram com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021



De acordo com a Figura 16, foi possível notar maior acúmulo de publicações entre 2015 e 2018. A diminuição do número de artigos publicados a partir do ano de 2019 pode ser explicada pela pandemia COVID-19, que se iniciou no Brasil no ano de 2020.

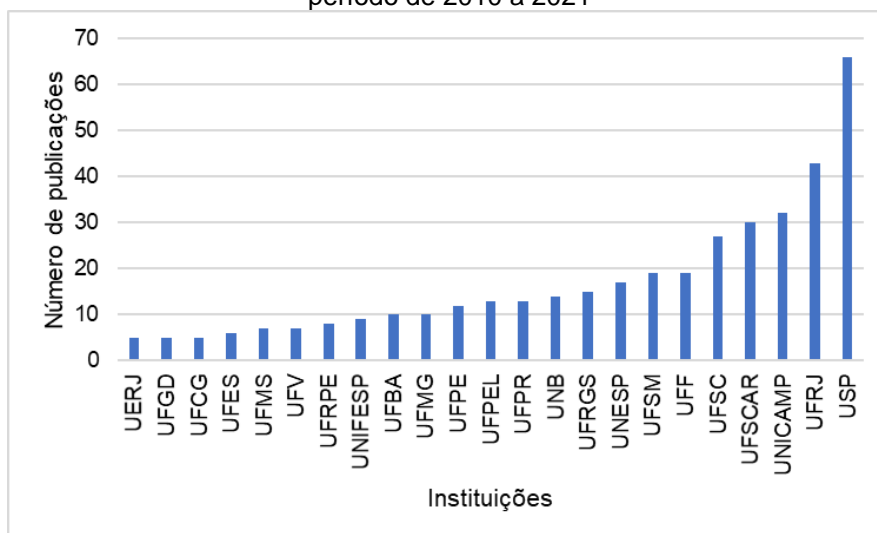


Figura 16. Quantidade de artigos publicados por ano com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021



Por meio dos dados obtidos pelo WOS foram observados os registros de 251 instituições em que foram desenvolvidos e publicados os estudos com a palavra "Organic Synthesis". As instituições brasileiras que mais publicaram podem ser observadas na Figura 17. Assim como na QAV (Figura 8) percebe-se grande contribuição dos pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) com o tema.

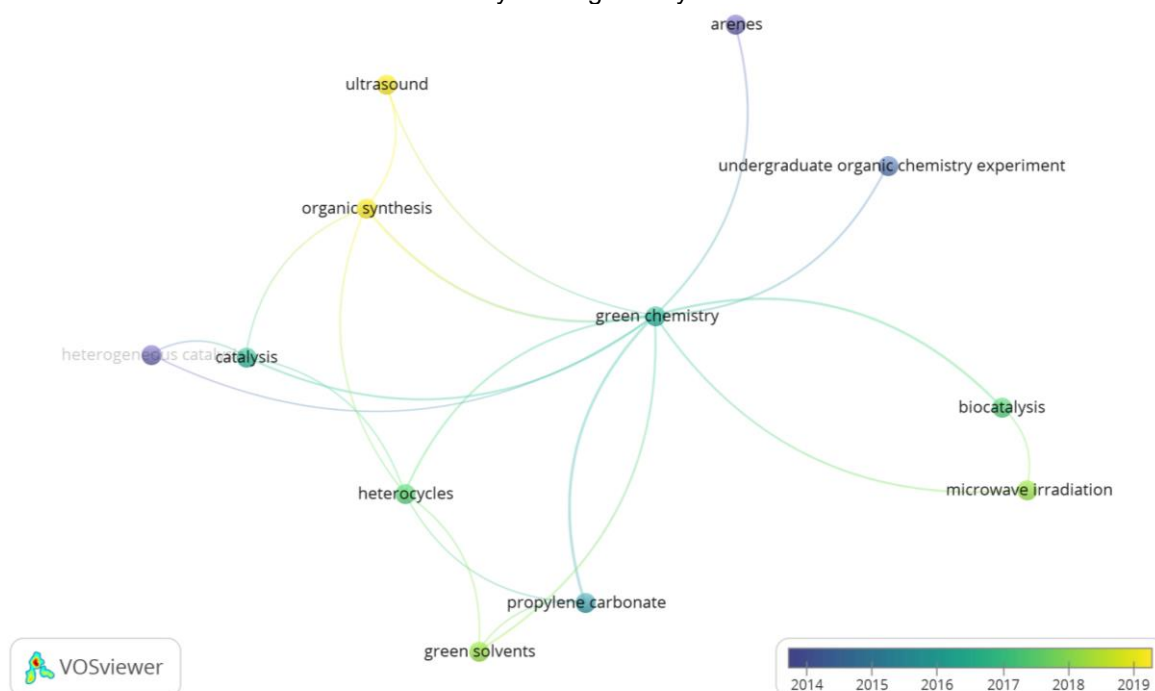
Figura 17. Quantidade de artigos publicados por instituição com a palavra "Organic Synthesis" para o período de 2010 a 2021



Com auxílio do software VOSViewer® foram analisadas as palavras que se relacionaram com "Green Chemistry" e "Organic Synthesis" com o objetivo de avaliar

outros temas associados. Do total de 40 documentos e 139 palavras-chave, foram selecionadas aquelas que se repetiram pelo menos duas vezes, totalizando 12 ocorrências. Como observado na Figura 18, os artigos têm direcionamento mais atual para o uso de micro-ondas, solventes verdes e ultrassom, pois apresentam coloração entre verde e amarelo, o que indica que esse campo de pesquisa ainda não está amadurecido e encontra-se em desenvolvimento.

Figura 18. Grau de amadurecimento dos termos utilizados pelos autores relacionados à "Green Chemistry" e "Organic Synthesis"



#### 4.3.2 Análise dos artigos

A pesquisa foi realizada no Scielo e Web Of Science com as palavras "Green Chemistry" e "Microwave assisted organic synthesis" para os anos 2010 e 2021. Assim como na QAV, foram selecionados para leitura aqueles trabalhos que apresentaram em seu resumo, introdução e/ou conclusão os benefícios atrelados à QV e ao uso de micro-ondas e estavam disponíveis na íntegra nas plataformas. Dessa maneira, 35 trabalhos se destacaram com o intuito de se obter dados referentes às instituições em que foram realizados e os ODS que foram beneficiados.

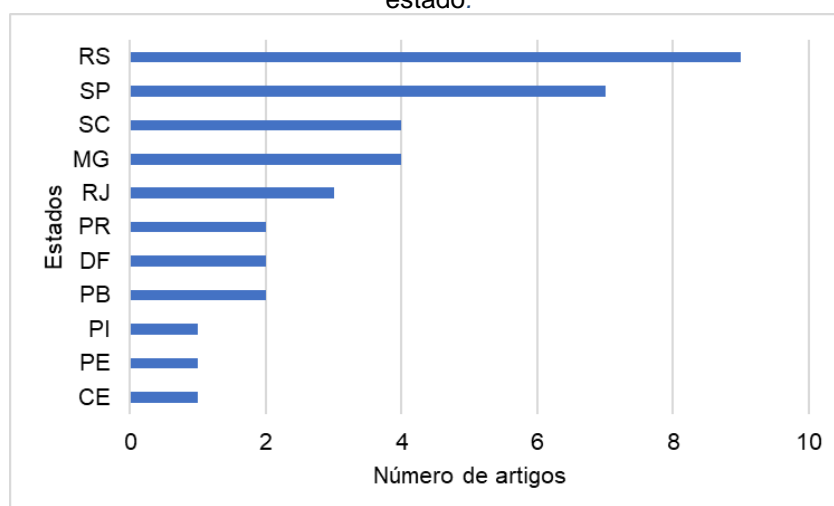
Foi verificado que a maior parte dos artigos publicados sobre síntese orgânica assistida por micro-ondas se concentravam entre os anos de 2015 e 2021 (Figura 19).

Figura 19. Quantidade de artigos publicados por ano sobre síntese assistida por micro-ondas para o período de 2010- junho de 2021.

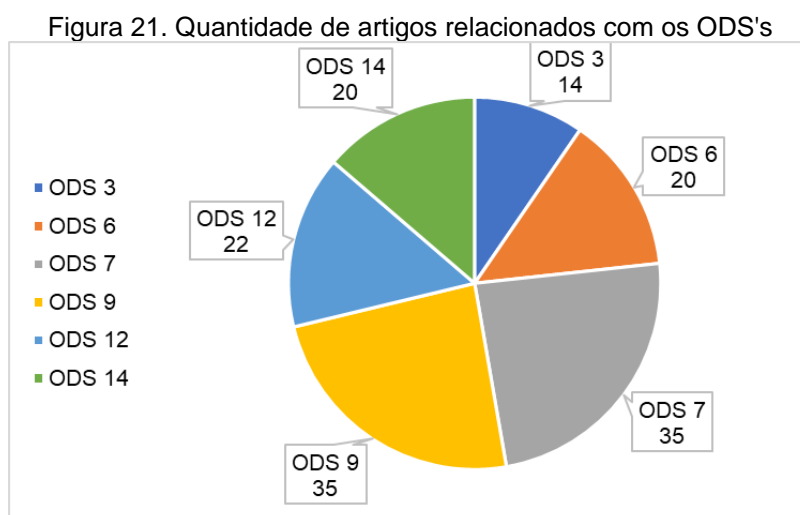


A Figura 20 mostra que, no período avaliado, o maior número de artigos científicos relacionados à síntese orgânica assistida por micro-ondas foi resultante de estudos desenvolvidos por pesquisadores vinculados a instituições, sediadas em 11 estados brasileiros, com destaque para o Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina e Minas Gerais.

Figura 20. Quantidade de artigos avaliados com enfoque em síntese assistida por micro-ondas por estado.



A partir da análise dos artigos foi possível constatar que as pesquisas contribuem com seis ODS, listados a seguir: ODS 3, ODS 6, ODS 7, ODS 9 E ODS 12 (Figura 21).



Todos os 35 estudos analisados contribuíram com o ODS 7, pois atendem a meta 7.3 (Anexo 1) em que o propósito é aumentar a eficiência energética. Por utilizarem aquecimento por radiação micro-ondas, os artigos retrataram a diminuição do tempo necessário para realizar a reação e, conseqüentemente, obtiveram os compostos desejados com um menor gasto de energia.

Os 35 artigos também contribuíram com o ODS 9 através da meta 9.5 (Anexo 1), pois fortalecem a pesquisa científica ao inovarem através do uso de irradiação por micro-ondas, substituindo de maneira sustentável os métodos de síntese que utilizam aquecimento convencional.

Foi observado que os estudos desenvolvidos em 20 artigos atenderam os ODS 6 e ODS 14 através das metas 6.3 e 14.1 (Anexo 1). Além do uso de radiação micro-ondas, esses estudos propuseram melhorias em relação ao uso de solventes verdes ou reações sem solventes. Também foi constatada a preocupação na utilização de metais de transição e catalisadores não-tóxicos.

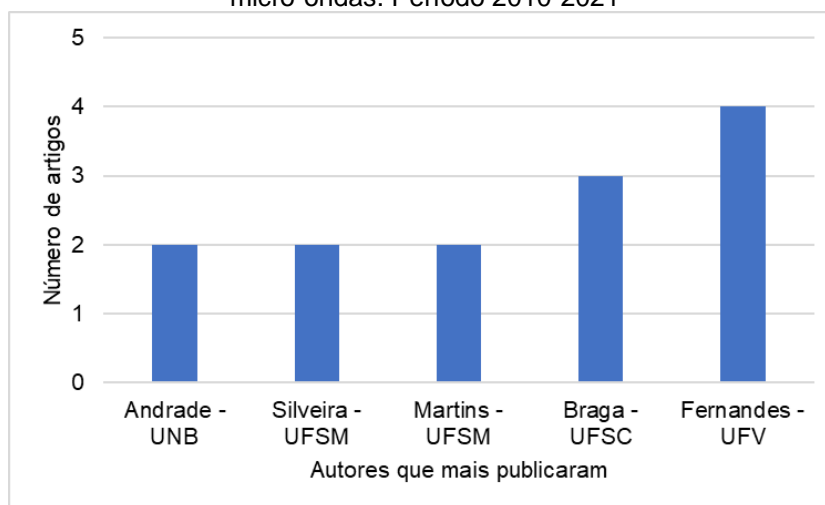
Em 22 artigos verificou-se que os métodos propostos contribuem com o ODS 12 através das metas 12.4 e 12.5 (Anexo 1). Essas metas objetivam a diminuição do descarte de resíduos químicos para o ambiente através da redução, reciclagem e reuso. Ressalta-se que nesses estudos foram propostos procedimentos que

viabilizaram a reutilização de catalizadores, a utilização de reagentes reaproveitados e renováveis, e a preocupação com os resíduos gerados em todo o processo.

Verifica-se também a contribuição de 14 trabalhos com o ODS 3, através das metas 3.b e 3.8. Esses artigos propuseram a síntese de compostos que podem ser candidatos a se tornarem medicamentos ou realizaram testes para verificar a eficácia da substância sintetizada como medicamento.

Na Figura 22, estão os cinco autores com mais publicações sobre síntese orgânica assistida por micro-ondas no Brasil, que são: Sérgio Fernandes (UFV), Antônio Braga (UFSC), Marcos Martins (UFSM), Claudio Silveira (UFSM) e Carlos Andrade (UNB) com 4, 3, 2, 2 e 2 artigos, respectivamente. Comparando-se com a Figura 15, percebe-se o aparecimento de novos autores que publicaram sobre síntese orgânica assistida por micro-ondas e que os trabalhos puderam ser relacionados com os ODS.

Figura 22. Número de artigos por autor correspondente, relacionados a síntese orgânica assistida por micro-ondas. Período 2010-2021



Entre os trabalhos analisados, destaca-se o estudo publicado por Lenardão et al. (2011), em que foi relatada a síntese de sulfeto de vinil ao utilizar o glicerol como solvente reciclável, o que atende ao princípio 7 da QV. Também foi relatado a reutilização de catalisador por até cinco vezes sem perder a eficiência catalítica. Também seguindo essa linha de reaproveitamento de catalisador, De Paiva et al. (2019) realizaram a síntese assistida por micro-ondas de julioidinas e obtiveram 92% de rendimento em apenas 10 minutos de reação.

Pissurno e De Laurentiz (2017) reportaram a síntese de derivados de 4-azobutenolidas através do aquecimento por micro-ondas. A metodologia proposta apresentou alto rendimento (98%) com acetonitrila como solvente e apresentou tempo reacional menor (30 - 40 minutos) do que os obtidos a partir dos métodos encontrados na literatura (48 - 144 horas).

Buscando realizar sínteses de forma mais eficiente, Vargas et al. (2012) relataram a obtenção de 1-iril-4-dimetilaminometileno-pirrolidina-2,3,5-trionas, um importante bloco construtor heterocíclico, através do uso de radiação micro-ondas, utilizando etanol como solvente e com um tempo de reação entre 12 a 16 minutos, enquanto na síntese com aquecimento tradicional são necessárias 8 a 16 horas.

Diante da importância do desenvolvimento de novos medicamentos, Luczywo et al. (2021) reportaram a síntese de ácidos 2-estiril-4-quinolinocarboxílicos que podem ser utilizados no tratamento de leishmaniose. O estudo demonstrou bom rendimento e baixo tempo para realizar a síntese, constatou ainda que essa substância não é tóxica para a célula hospedeira.

De Andrade et al. (2015) relataram a síntese assistida por micro-ondas, em 10 minutos, de bases de triazol análogas ao benzonidazol, um medicamento para o tratamento de chagas. Dois compostos sintetizados pelos autores apresentaram atividade similar, e um demonstrou ser mais ativo no combate ao protozoário

Bonacorso et al. (2016) reportaram uma nova metodologia para a síntese de pirrol polisubstituído contendo ferroceno utilizando aquecimento por micro-ondas. Através do método tradicional essa síntese necessitou de um longo tempo para ser completada (18 horas) e possui baixo rendimento 40%, enquanto através do método proposto foram necessários 30 minutos e se obteve 70% de rendimento.

Por fim, Da Rosa et al. (2020) demonstraram a síntese de pirazóis, com o intuito de serem utilizados como pó para detecção de digitais, através do uso de micro-ondas. Como vantagens foram observados menores tempos para finalizar a reação, variando de 5 a 15 minutos, não gera resíduo na coluna de purificação e os rendimentos são similares à reação clássica, que dura 4 horas para ser finalizada.

Foi observada uma tendência em otimizar as reações através da diminuição do tempo reacional, reaproveitamento de catalizador e em alguns casos até aumento do rendimento das reações através do uso de micro-ondas. Foi constatado também a

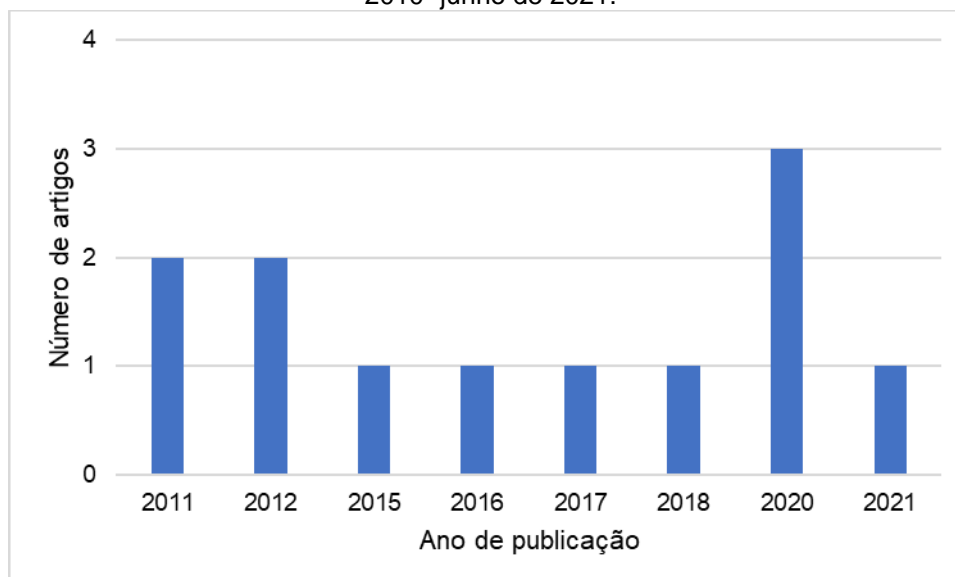
preocupação em utilizar solventes verdes. A síntese orgânica assistida por micro-ondas tem enorme potencial em contribuir com os ODS e favorecer o DS.

#### 4.4 Gestão de resíduos

A pesquisa foi realizada no Scielo e Web Of Science com as palavras “Chemical residue”, “Waste Management” e “Laboratory Waste” para os anos 2010 e 2021. Assim como na QAV e na Síntese Orgânica foram selecionados para uma posterior leitura aqueles trabalhos que apresentaram em seu resumo, introdução e/ou conclusão os benefícios atrelados à QV e ao gerenciamento de resíduos e estavam disponíveis na íntegra nas plataformas. Dessa forma, 12 trabalhos foram selecionados para leitura com o intuito de se obter dados referentes às instituições em que os trabalhos foram realizados e os ODS que foram beneficiados.

Foi verificado que a maior parte dos artigos publicados sobre gestão de resíduos (Figura 23) encontra-se no ano de 2020 com três resultados.

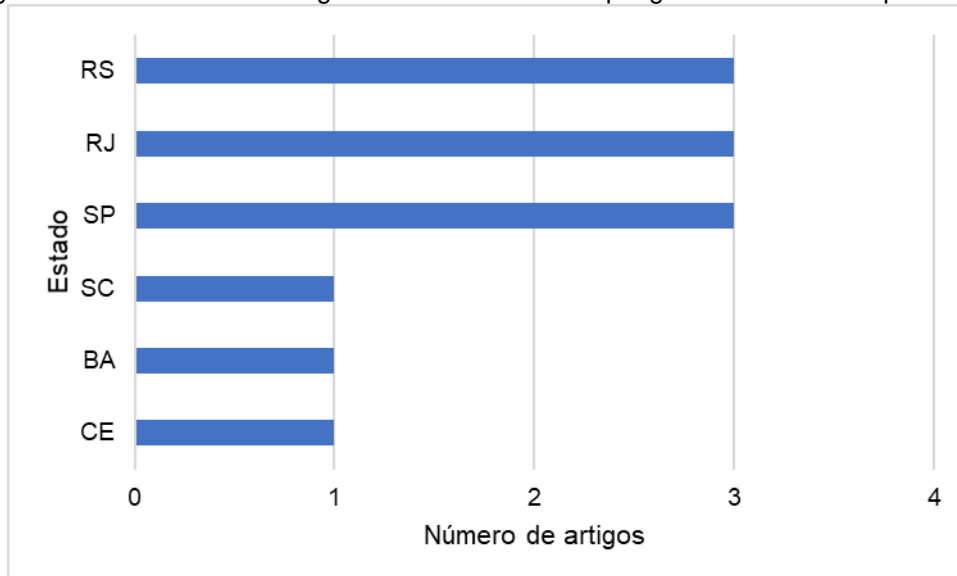
Figura 23. Quantidade de artigos publicados por ano sobre gestão de resíduos para o período de 2010- junho de 2021.



De acordo com a Figura 24, os artigos publicados sobre o tema gerenciamento de resíduos são resultantes de trabalhos desenvolvidos em instituições dos estados

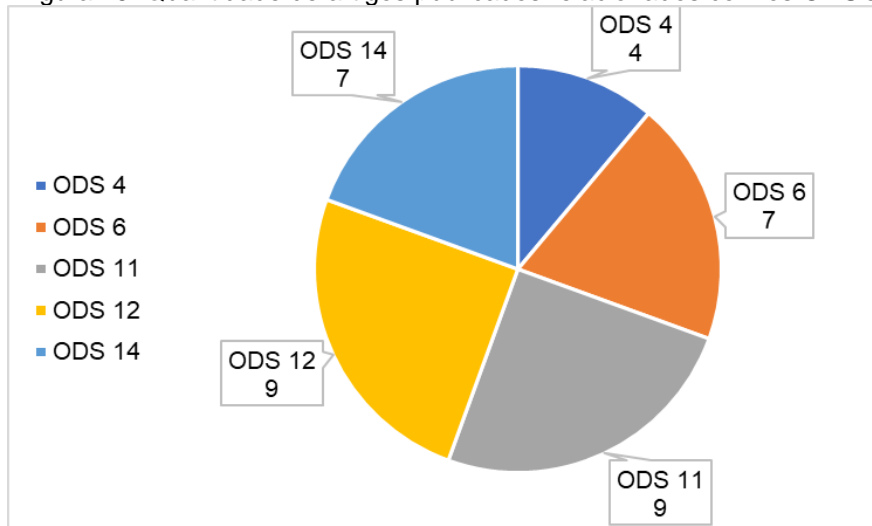
de São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul com três publicações cada, seguidos por Santa Catarina, Bahia e Ceará.

Figura 24. Quantidade de artigos avaliados com enfoque gestão de resíduos por estado



A partir da análise dos artigos foi possível observar a contribuição das pesquisas com os ODS conforme Figura 25.

Figura 25. Quantidade de artigos publicados relacionados com os ODS's



A colaboração com o ODS 6 ocorreu através de sete trabalhos, pois atendem as metas 6.a e/ou 6.3 (Anexo 1) em que o objetivo é aumentar a eficiência na coleta e tratamento de efluentes e melhorar a qualidade da água através da redução da poluição. Nove artigos atenderam a meta 11.6 (Anexo 1) presente no ODS 11, que



visa a diminuição do impacto ambiental negativo nas cidades através da gestão de resíduos. Nove estudos também contribuíram com o ODS 12 através das metas 12.4 e 12.5 (Anexo 1), em que os propósitos são a diminuição dos resíduos gerados bem como os impactos causados por eles na saúde humana e no ambiente. Por fim, sete estudos colaboraram com o ODS 14 através da meta 14.1 (Anexo 1), que se propõe a diminuir a poluição marinha. Os quatro trabalhos que contribuíram com o ODS 4 buscaram promover o ensino sobre Desenvolvimento Sustentável e atendeu a meta 4.7 (Anexo 1).

Dentre os estudos analisados, sobressai-se o trabalho realizado por Santos e Afonso (2012) que buscaram promover a recuperação de resíduos de iodo formando  $I_2$ , HI e KI. Assim, o iodeto de potássio recuperado pode ser utilizado em práticas laboratoriais de graduação, diminuindo o custo com aquisição de novos reagentes. Essa recuperação foi efetuada através de duas rotas: oxidativa e redutora. Todo o procedimento ainda pode ser transformado em uma prática da disciplina química geral. A rota oxidativa consistiu na reação de ácido iodídrico e iodeto de potássio com peróxido de hidrogênio, obtendo o iodo metálico e tendo como subprodutos a água e o hidróxido de potássio e ácido iódico ( $HIO_3$ ). A rota redutora teve como princípio recuperar o ácido iodídrico e iodeto de potássio que foram naturalmente oxidados a  $HI_3$  e  $KI_3$ . Nessa rota o ácido oxidado foi reagido com fósforo vermelho, obtendo-se HI azeotrópico e ácido fosforoso. Já o iodeto de potássio oxidado foi reagido com hidrazina e não gerou resíduos. Apesar desse procedimento ainda gerar resíduos, esses representam uma fração menor da quantidade inicial de material utilizado.

De Moura et al. (2012) propuseram uma prática laboratorial com o intuito de fomentar conhecimento sobre sustentabilidade e gestão de resíduos multicomponentes através do processamento de cartuchos de impressora a jato de tinta. O estudo se baseou na recuperação da carcaça (plástico e lâmina de metal) dos cartuchos descartados, que podem ser destinados para reciclagem, o ouro e cobre oriundos de fitas plásticas presentes nos cartuchos. Os reagentes utilizados ainda podem ser recuperados e reutilizados em práticas futuras.

Frisa-se ainda o estudo desenvolvido por Silva et al. (2015) que realizou o tratamento do resíduo gerado pelas técnicas ICP-OES e espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS - do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry). Análises através dessas técnicas geram grande quantidade de resíduos, pois mais de

90% da amostra não é aproveitada devido à baixa eficiência dos nebulizadores. Esses resíduos apresentam diversas espécies inorgânicas e pH ácido devido ao uso de ácidos para decomposição da matéria orgânica presente nas amostras. Nesse trabalho, primeiramente o resíduo foi aquecido para diminuir o volume, e, posteriormente, foram adicionados os reagentes: hidróxido de sódio (NaOH) para neutralizar o meio e carbonato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  para promover a precipitação dos metais. O precipitado coletado foi utilizado em prática de graduação para análise qualitativa de cátions metálicos, em que os estudantes foram capazes identificar a presença de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$ . (SILVA et al., 2015).

#### **4.5 Proposta de Boas práticas**

Os laboratórios de química das instituições de ensino são responsáveis por uma grande variedade de resíduos químicos apesar da quantidade gerada ser pequena quando comparada com a indústria. A variedade dos resíduos depende do tipo de pesquisa e atividades de ensino que são desenvolvidas no laboratório e sua composição pode variar ao longo do tempo (SILVA et al., 2015; TONIN; VEIGA DOS SANTOS, 2020).

Através da análise do roteiro de práticas das disciplinas de Química Geral, Química Inorgânica e Química Analítica Prática (Anexo II), ministradas no Centro Universitário SENAI CIMATEC, foi possível elaborar sugestões com o objetivo de contribuir com os ODS através dos princípios da QV. Com o intuito de diminuir os resíduos gerados nos experimentos, uma das alternativas recomendadas é reduzir os volumes de reagentes e soluções utilizadas, e substituir as vidrarias por análogas de menor capacidade. A Tabela 4 demonstra as aulas práticas com possíveis pontos a ser melhorados e volume de resíduo gerado. Foi considerado que cada disciplina é ofertada uma vez ao ano, portanto cada aula prática ocorre com a mesma frequência. O volume de resíduo gerado é para cada experimento, ou seja, cada aluno ou grupo de aluno que realizar o experimento conforme descrito no roteiro deverá gerar a quantidade de resíduo mencionada.

Tabela 4. Volume de resíduo gerado em práticas de química

<b>Disciplina</b>	<b>Nome da Prática</b>	<b>Volume de resíduo gerado (mL)</b>
Química Analítica Prática	Espectrofotometria Molecular	700
Química Analítica Prática	Volumetria de Neutralização	750
Química Analítica Prática	Volumetria de Precipitação	915
Química Analítica Prática	Volumetria de Oxirredução	280
Química Analítica Prática	Titulação Potenciométrica	570
Química Analítica Prática	Determinação de Acidez em Diferentes Compostos Naturais	540
Química Analítica Prática	Volumetria de Complexação	1085
Química Prática	Preparo e Padronização de Soluções	800

Tomando como exemplo o roteiro do experimento de “Espectrofotometria Molecular”, da disciplina de Química Analítica Prática, que utiliza balões volumétricos de 100 mL para preparo das soluções para a curva analítica e da amostra. No total essa prática gera 700 mL de resíduo e com a substituição dos balões de 100 mL para 25 mL o volume de resíduo gerado passaria a ser de 175 mL em cada experimento, o que representa uma redução de 75%. É possível ainda reduzir o volume de resíduos ao se utilizar balões de 10 mL substituindo os balões de 100 mL. Ao se reduzir o volume dos balões para 10 mL, a quantidade de resíduo gerado passa a ser 70 mL em cada experimento (redução de 90%). Outro aspecto a salientar é que com a redução dos balões volumétricos serão preparadas soluções estoque em menor volume e concentração, resultando na economia dos reagentes, o que pode gerar diminuição de custos. Com a redução no volume das vidrarias também se faz necessário o uso de micropipetas de volumes variados para efetuar a transferência dos reagentes evitando o desperdício. Portanto, a modificação em um único experimento poderia contribuir com o DS através dos ODS 6, ODS 12 e ODS 14.

Outro exemplo da redução de resíduos em práticas de graduação pode ser observado nos experimentos de volumetria. Ao todo o CIMATEC possui seis ensaios

de volumetria ou titulação na disciplina de Química Analítica Prática. É difícil mensurar o volume de resíduo gerado nesse experimento, pois o volume de titulante gasto varia em cada experimento e é proporcional ao volume e concentração da solução a ser estudada. Assumindo que todas as soluções preparadas serão utilizadas e posteriormente descartadas, as 7 práticas envolvendo titulação geram 4,9 litros de resíduo por ano. Caso as buretas de 50 mL sejam substituídas por análogas de 25 mL, o volume de resíduos gerados teria uma redução de 50%. Caso sejam utilizadas buretas de 10 mL o volume de resíduo produzido ao final de cada experimento reduziria em 80%. Com isso o consumo de reagentes para preparo das soluções também seria menor, impactando positivamente nos custos de aquisição, pois essa demanda seria atenuada.

Considerando que cada disciplina pratica terão 4 grupos de alunos realizando os experimentos simultaneamente conforme descrição dos roteiros, serão gerados anualmente 22,56 L de resíduos. A Tabela 5 demonstra o impacto das alterações propostas nos volumes das vidrarias.

Tabela 5. Resíduos gerados por ano considerando a realização de 4 grupos por prática

<b>Nome da prática</b>	<b>Volume de resíduo gerado por ano com bureta* de 50 mL (L)</b>	<b>Volume de resíduo gerado por ano com bureta* de 25 mL (L)</b>	<b>Volume de resíduo gerado por ano com bureta* de 10 mL (L)</b>
Volumetria de Neutralização	3,00	1,5	0,30
Volumetria de Precipitação	3,7	1,8	0,37
Volumetria de Oxirredução	1,2	0,6	0,12
Titulação Potenciométrica	2,3	1,2	0,23
Determinação de Acidez em Diferentes Compostos Naturais	2,2	1,1	0,22
Volumetria de Complexação	4,4	2,2	0,44
Preparo e Padronização de Soluções	3,2	1,6	0,32
Espectrofotometria Molecular*	2,8	0,7	0,28

<b>Volume Total (L)</b>	22,8	10,7	2,28
* Balão Volumétrico			

Outra possibilidade de melhoria seria a aquisição de sistemas de análise em fluxo para experimentos realizados em pesquisas de extensão. Além da possibilidade de automatização dos processos de análise, os analisadores em fluxo diminuem os resíduos gerados por trabalharem com volumes na faixa dos microlitros.

Outra sugestão de boas práticas ao CIMATEC é a recuperação de solventes orgânicos. Martins et al., (2017) analisaram de maneira quantitativa, com auxílio de softwares, o impacto ambiental da recuperação de solventes orgânicos versus o impacto ambiental causado pela incineração desses solventes. Esses resíduos foram originados em análises cromatográficas, extrações e lavagens de vidrarias. Ao decorrer do estudo, os autores demonstraram que a maioria das correntes de solventes recuperadas geram menos impacto ambiental do que a incineração (9 em 10 correntes). Nesse estudo não foi avaliado o aspecto econômico, apenas a implicação ambiental dessa medida.

## 5. Conclusão

Este trabalho avaliou a contribuição brasileira com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável através de publicações sobre os temas Química Verde, Química Analítica Verde, Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas e Geração de Resíduos. Constatou-se grande quantidade de artigos publicados relacionados aos temas ao longo do período de 2010 a 2021, o que mostra a relevância atual dos temas e as novas tendências de pesquisa ao criar experimentos sustentáveis.

Foi possível observar uma predominância de trabalhos que contribuíram com o ODS 12, ODS 6 e ODS 14, demonstrando significativa preocupação dos autores com a geração de resíduos, com a qualidade da água e os resíduos químicos que podem ser despejados nelas, implicando em experimentos que contribuem para o DS e dessa forma promovem o conhecimento técnico-científico com menor impacto ao meio ambiente. Entre os artigos na área de QAV foi constatada uma tendência em trabalhos que diminuem os resíduos gerados, preocupam-se com a utilização de produtos químicos tóxicos e os substituem por similares com menor toxicidade ao ambiente. Observou-se também o desenvolvimento de técnicas analíticas que aumentam a eficiência da análise através de processos automatizados e analisadores em fluxo.

Nos trabalhos envolvendo Síntese Orgânica, constatou-se o aumento na eficiência do processo uma vez que foram analisados trabalhos envolvendo síntese assistida por micro-ondas, que tem como principal resultado a diminuição no tempo reacional. Foram verificadas também pesquisas relacionadas à síntese de novos fármacos, e reações que permitem a reutilização de catalizadores o que está de acordo com os princípios da QV. Destaca-se a principal contribuição da Síntese Orgânica Assistida por Micro-ondas com o ODS 3, pois a diminuição do tempo envolvido na reação permite que mais moléculas diferentes sejam sintetizadas, o que impacta diretamente no combate/tratamento de doenças e na saúde da população.

Os autores dos trabalhos sobre Geração de Resíduos demonstraram interesse em minimizar a problemática da formação dos rejeitos através de práticas que objetivam tratar os resíduos no laboratório em que foram originados, para posterior descarte ou reaproveitamento em experimentos de graduação dentro das instituições de pesquisa. Além de contribuir com o DS, esses procedimentos diminuem os gastos com tratamento de efluentes e aquisição de novos materiais, proporcionam

crescimento da percepção social e ambiental de todos os envolvidos, pois permite a compreensão de como os componentes químicos agem desde o experimento até o seu descarte. Observou-se também a mobilização por parte de alguns autores em passar os conhecimentos sobre gestão de resíduos em aulas práticas, para os alunos da graduação, através de experimentos que têm como objetivo fomentar conhecimentos sobre reaproveitamento de resíduos ou treinamento/questionário sobre a temática. O desenvolvimento desse campo, com enfoque voltado para área de educação tem o potencial de formar novos profissionais atentos às necessidades globais de preservação do meio ambiente sem prejudicar o desenvolvimento científico.

Percebe-se o desenvolvimento desses temas de maneira centralizada no Sul e Sudeste do país, com destaque para os estados de São Paulo, com 42 trabalhos publicados, acompanhado pelo Rio Grande do Sul com 31.

Dentre as práticas que atendem aos princípios da QV e contribuem com os ODS a que melhor se qualifica para ser implementada em laboratórios de graduação é a redução na escala dos experimentos. Essa medida tem como única demanda a aquisição de novas vidrarias com volume reduzido, caso o laboratório não tenha disponível. Essa atitude pode diminuir em até 90% o volume de resíduo gerado em um único experimento, além de impactar nos custos com aquisição de novos reagentes e tratamento de efluentes, e conscientizar os estudantes sobre a importância do estudo da química de maneira responsável.

Dessa forma, fica evidenciada a preocupação das instituições de ensino em Química em promover o DS, através de práticas alinhadas com a QV e, deste modo, contemplam os ODS.

## **6. Divulgação científica**

Durante a elaboração dessa dissertação foram publicados artigos científicos, resultantes da apresentação de trabalhos nos eventos VI Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC, 2020) e VII Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC, 2021).

No artigo publicado nos anais do VI SIINTEC foi abordado como as Instituições de Ensino contribuem para o DS, através da QV sob a ótica da QAV (LEAL FILHO; KORN; GUARIEIRO, 2020).

No VI SIINTEC o enfoque do artigo foi como as IE contribuem para o DS através de trabalhos sobre Síntese Orgânica Assistida por Micro-Ondas (LEAL FILHO; GUARIEIRO; KORN, 2021).

Pretende-se ainda realizar uma publicação abordando todos os tópicos desta dissertação, de forma a contribuir com a divulgação dos estudos realizados nas instituições do Brasil, relacionando os princípios da QV com as ODS.



## **7. Proposta de trabalhos futuros**

Considerando a importância do tema, como proposta de continuação desse trabalho pode-se citar:

7.1 Avaliação de outros temas relacionados à QV que possam contribuir para o DS e os ODS, como desenvolvimento de catalisadores e suas aplicações, biocatálise, uso de líquidos iônicos como solventes e uso de reagentes renováveis.

7.2 Traçar o perfil das pesquisas científicas dentro dessa temática que estão sendo desenvolvidas nas instituições do Estado da Bahia que oferecem o curso de graduação em Química.

## 8. Referências

AFONSO, Júlio Carlos; NORONHA, Leandro Anido; FELIPE, Renata Pinheiro; FREIDINGER, Nicolas. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 602–611, 2003. DOI: 10.1590/s0100-40422003000400027.

ANASTAS, Paul; HAN, Buxing; LEITNER, Walter; POLIAKOFF, Martyn. “happy silver anniversary”: Green Chemistry at 25. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 12–13, 2015. DOI: 10.1039/c5gc90067k.

ANASTAS, Paul T.; ZIMMERMAN, Julie B. The United Nations sustainability goals: How can sustainable chemistry contribute? **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, [S. l.], v. 13, p. 150–153, 2018. DOI: 10.1016/j.cogsc.2018.04.017.

ARRUDA, Erick Hungaro; MELATTO, Rosângela Andrade Pita Brancalhão; LEVY, Wilson; CONTI, Diego de Melo. Circular economy: A brief literature review (2015–2020). **Sustainable Operations and Computers**, [S. l.], v. 2, n. March, p. 79–86, 2021. DOI: 10.1016/j.susoc.2021.05.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>.

ASSIRATI, Júlia; RINALDO, Daniel; RABELO, Sarita Cândida; BOLZANI, Vanderlan da Silva; HILDER, Emily Frances; FUNARI, Cristiano Soleo. A green, simplified, and efficient experimental setup for a high-throughput screening of agri-food by-products – From polar to nonpolar metabolites in sugarcane solid residues. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 1634, 2020. DOI: 10.1016/j.chroma.2020.461693.

AZEREDO, Juliano B.; GODOI, Marcelo; MARTINS, Guilherme M.; SILVEIRA, Claudio C.; BRAGA, Antonio L. A solvent- and metal-free synthesis of 3-chacogenyl-indoles employing DMSO/I<sub>2</sub> as an eco-friendly catalytic oxidation system. **Journal of Organic Chemistry**, [S. l.], v. 79, n. 9, p. 4125–4130, 2014. DOI: 10.1021/jo5000779.

BARBOSA, Ricardo; BARBOSA, Valma Martins; FELIX, Erika Pereira. Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de química orgânica e inorgânica e propostas de redução. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, [S. l.], n. 40, p. 43–56, 2016. DOI: 10.5327/z2176-947820160086.

BASSYOUNI, Fatma A.; ABU-BAKR, Sherifa M.; REHIM, Mohamed Abdel. Evolution of microwave irradiation and its application in green chemistry and biosciences. **Research on Chemical Intermediates**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 283–322, 2012. DOI: 10.1007/s11164-011-0348-1.

BONACORSO, Helio G.; LIBERO, Francieli M.; DAL FORNO, Gean M.; PITTALUGA, Everton P.; BACK, Davi F.; HÖRNER, Manfredo; MARTINS, Marcos A. P.; ZANATTA, Nilo. New regioselective synthesis of polyfunctionalized 3-ferrocenyl-1H-pyrroles under microwave irradiation. **Tetrahedron Letters**, [S. l.], v. 57, n. 41, p. 4568–4573, 2016. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.08.088.

COLETTI, Guilherme; TAVARES, Glauco; BENDASSOLLI, José. Recuperação de acetona em resíduos laboratoriais: uma abordagem sobre aspectos da gestão, operacionais e da eficiência ambiental. **Química Nova**, [S. l.], v. 42, n. 6, p. 683–690, 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170361.

DA ROSA, Bruno N; Venzke, Dalila; Poletti, Taís; de Lima, Nathalia P.K; Camacho, Jeanifer T; Mariotti, Kristiane C; dos Santos, Marco A.Z; Pizzuti, Lucas Carreño; Neftalí L.V; Pereira, Claudio M.P. Microwave Assisted Synthesis of Thiocarbamoylpyrazoles and Application as an Alternative Latent Fingerprint Developers. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1327–1331, 2020. DOI: 10.21577/0103-5053.20200014.

DE ANDRADE, Peterson; GALO, Oswaldo A.; CARVALHO, Marcelo R.; LOPES, Carla D.; CARNEIRO, Zumira A.; SESTI-COSTA, Renata; DE MELO, Eduardo Borges; SILVA, João S.; CARVALHO, Ivone. 1,2,3-Triazole-based analogue of benzimidazole displays remarkable activity against *Trypanosoma cruzi*. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, [S. l.], v. 23, n. 21, p. 6815–6826, 2015. DOI: 10.1016/j.bmc.2015.10.008.

DE FARIA, Daniela R. G.; DE MEDEIROS, José Luiz; ARAÚJO, Ofélia Q. F. Sustainability assessment for the chemical industry: Onwards to integrated system analysis. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 278, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123966.

DE MELLO, Matheus L.; FIALHO, Lucimar L.; PIROLA, Camillo; NÓBREGA, Joaquim A. Evaluation of recycle and reuse of nitric acid from sample digests by sub-boiling distillation. **Microchemical Journal**, [S. l.], v. 157, n. April, p. 105080, 2020. DOI: 10.1016/j.microc.2020.105080.

DE MOURA, Felipe Pereira; OLIVEIRA, Rafael Da Silva; AFONSO, Júlio Carlos; VIANNA, Cláudio Augusto; MANTOVANO, José Luiz. Processamento de cartuchos de impressoras de jato de tinta: um exemplo de gestão de produto pós-consumo. **Química Nova**, [S. l.], v. 35, n. 6, p. 1271–1275, 2012. DOI: 10.1590/S0100-40422012000600037.

DE OLIVEIRA, Larissa M. A.; DOS SANTOS, Vagner Bezerra; DA SILVA, Emelle K. N.; LOPES, Alessandra Santos; DANTAS-FILHO, Heronides A. An environment-friendly spot test method with digital imaging for the micro-titration of citric fruits. **Talanta**, [S. l.], v. 206, n. July 2019, p. 120219, 2020. DOI: 10.1016/j.talanta.2019.120219.

DE PAIVA, Walysson Ferreira et al. Microwave-assisted multicomponent synthesis of julolidines using silica-supported calix[4]arene as heterogeneous catalyst. **Tetrahedron**, [S. l.], v. 75, n. 27, p. 3740–3750, 2019. DOI: 10.1016/j.tet.2019.05.049.

FARIAS, Luciana A.; FÁVARO, Déborah I. T. Vinte anos de química verde: conquistas e desafios. **Química Nova**, [S. l.], v. 34, n. 6, p. 1089–1093, 2011. DOI: 10.1590/s0100-40422011000600030.

FERNANDES, José Augusto Lacerda; SOUSA-FILHO, José Milton De; VIANA,

Fernando Luiz Emerenciano. Sustainable Business Models in a Challenging Context: The Amana Katu Case. **Revista de Administração Contemporânea**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 1–17, 2021. DOI: 10.1590/1982-7849rac2021200205.en.

FINAZZI, Guilherme Antonio; MARTINS, Carlos Ney; CAPELATO, Milton Duffles; FERREIRA, Luiz Henrique. Desenvolvimento de experimento didático de eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios da química verde. **Química Nova**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 112–117, 2016. DOI: 10.5935/0100-4042.20150149.

FUNARI, Cristiano Soleo; CAVALHEIRO, Alberto José; CARNEIRO, Renato Lajarim. Coupled monolithic columns as an alternative for the use of viscous ethanol–water mobile phases on chromatographic fingerprinting complex samples. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 261–266, 2018. DOI: 10.1016/j.bjp.2018.04.010.

GAŁUSZKA, Agnieszka; MIGASZEWSKI, Zdzisław; NAMIEŚNIK, Jacek. The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, [S. l.], v. 50, p. 78–84, 2013. DOI: 10.1016/j.trac.2013.04.010.

GAMA, Mariana R.; MELCHERT, Wanessa R.; PAIXÃO, Thiago R. L. C.; ROCHA, Fábio Rodrigo Piovezani. **An overview of the brazilian contributions to green analytical chemistry**. [s.l.: s.n.]. v. 91 DOI: 10.1590/0001-3765201920180294.

DA SILVA, Renê G.; DA SILVA, Amanda K. J. P. F.; LAGRANGE, Carine E. M.; DA SILVA, Wagner Eduardo; BELIAN, Mônica Freire. Recovery of Platinum Laboratory Rejects: A Simple, Economic and High- Performance Alternative. **Revista Virtual de Química**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 693–702, 2020. DOI: 10.21577/1984-6835.20200055.

ABREU, Daniela Gonçalves De; IAMAMOTO, Yassuko. Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química: formação profissional com responsabilidade ambiental. **Química Nova**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 582–584, 2003. DOI: 10.1590/S0100-40422003000400024.

LANDIM, Lucas B.; MIRANDA, Eval O.; DE ARAÚJO, Nicolis A.; PINTO, José Carlos; CABRAL-ALBUQUERQUE, Elaine C. M.; CUNHA, Silvio; FIALHO, Rosana L. Solvent-free mechanochemical polymerization of urea-succinic acid and urea-succinic acid-glycerol mixtures. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 238, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117742.

LEAL FILHO, Marcus Vinícius Amaral; GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani; KORN, Maria das Graças Andrade. Evaluation of brazilian contribution to sustainable development through microwave-assisted organic synthesis. *In: VII International Symposium on Innovation and Technology*. São Paulo: Blucher, 2021. p. 513–520. DOI: 10.5151/siintec2021-208713.

LEAL FILHO, Marcus Vinícius Amaral; KORN, Maria das Graças Andrade; GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani. EVALUATION OF BRAZILIAN CONTRIBUTION TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS THROUGH GREEN CHEMISTRY: A

SYSTEMIC REVIEW. *In: Anais do VI Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia*. São Paulo: Blucher, 2020. p. 959–967. DOI: 10.5151/siintec2020-EVALUATIONOFBRAZILIAN.

LENARDÃO, Eder J.; SILVA, Márcio S.; LARA, Renata G.; MARCZEWSKI, Júnior M.; SACHINI, Maraisa; JACOB, Raquel G.; ALVES, Diego; PERIN, Gelson. Synthesis of vinyl sulfides using glycerol as a recyclable solvent. **Arkivoc**, [S. l.], v. 2011, n. 2, p. 272–282, 2011. DOI: 10.3998/ark.5550190.0012.222.

LIMA, Eduardo A.; CUNHA, Francisco A. S.; JUNIOR, Mario M. S.; LYRA, Wellington S.; SANTOS, Josué C. C.; FERREIRA, Sergio L. C.; ARAUJO, Mario C. U.; ALMEIDA, Luciano F. A fast and sensitive flow-batch method with hydride generating and atomic fluorescence spectrometric detection for automated inorganic antimony speciation in waters. **Talanta**, [S. l.], v. 207, p. 119834, 2020. DOI: 10.1016/j.talanta.2019.04.035.

LUCZYWO, Ayelen; SAUTER, Ismael Pretto; DA SILVA FERREIRA, Thalita Camêlo; CORTEZ, Mauro; ROMANELLI, Gustavo P.; SATHICQ, Gabriel; ASÍS, Silvia E. Microwave-assisted synthesis of 2-styrylquinoline-4-carboxylic acid derivatives to improve the toxic effect against *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. **Journal of Heterocyclic Chemistry**, [S. l.], v. 58, n. 3, p. 822–832, 2021. DOI: 10.1002/jhet.4217.

LUO, Tao; WANG, Hao; CHEN, Long; LI, Jinjun; WU, Feng; ZHOU, Danna. Visible light-driven oxidation of arsenite, sulfite and thiazine dyes: A new strategy for using waste to treat waste. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 280, p. 124374, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124374.

MARCELINO, Leonardo Victor; PINTO, Adilson Luiz; MARQUES, Carlos Alberto. Intellectual authorities and hubs of Green Chemistry. **Transinformacao**, [S. l.], v. 32, 2021. DOI: 10.1590/2318-0889202032E200031.

MARINHO, Claudio Cardoso; BOZELLI, Reinaldo Luiz; DE ASSIS ESTEVES, Francisco; GONÇALVES, Ana Claudia Braga; DE ALMEIDA ROCHA, Vanessa; DA SILVA, Wesley Higino; AFONSO, Julio Carlos. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da ufrj. **Ecletica Quimica**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 85–104, 2011. DOI: 10.1590/s0100-46702011000200005.

MARTINS, Cláudia R.; DI VITTA, Patrícia B.; MARZORATI, Liliana; DI VITTA, Cláudio. Avaliação dos impactos ambientais dos tratamentos de resíduos de solventes no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. **Quimica Nova**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 214–218, 2017. DOI: 10.21577/0100-4042.20160168.

MAVANDADI, Farah; PILOTTI, Åke. The impact of microwave-assisted organic synthesis in drug discovery. **Drug Discovery Today**, [S. l.], v. 11, n. 3–4, p. 165–174, 2006. DOI: 10.1016/S1359-6446(05)03695-0.

MELCHERT, Wanessa R.; REIS, Boaventura F.; ROCHA, Fábio R. P. Green chemistry and the evolution of flow analysis. **A review. Analytica Chimica Acta**, 2012. DOI: 10.1016/j.aca.2011.11.044.

MELCHERT, Wanessa R.; ROCHA, Fábio R. P. A greener and highly sensitive flow-based procedure for carbaryl determination exploiting long pathlength spectrophotometry and photochemical waste degradation. **Talanta**, [S. l.], v. 81, n. 1–2, p. 327–333, 2010. DOI: 10.1016/j.talanta.2009.12.005.

MUKHERJEE, Partha. Green chemistry - a novel approach towards sustainability. **Journal of the Chilean Chemical Society**, [S. l.], v. 65, n. 1, p. 5075–5080, 2021. DOI: 10.4067/S0717-97072021000105075.

NICOLAOU, K. C. The Emergence and Evolution of Organic Synthesis and Why It is Important to Sustain It as an Advancing Art and Science for Its Own Sake. **Israel Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 58, n. 1, p. 104–113, 2018. DOI: 10.1002/ijch.201700121.

OLIVEIRA, Diego; BECKER, Raquel; SIRTORI, Carla; PASSOS, Camila. A construção de conceitos sobre gestão e tratamento de resíduos químicos: uma experiência de formação de estudantes de química. **Química Nova**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 382–390, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170477.

PAGNO, Vanessa; SALAPATA, André; SCHIMTZ, Edinéia Paula Sartori; CABRERA, Liziara Da Costa. Levantamento de resíduos de laboratórios, propostas de atividades experimentais e ações com foco em química verde. **ACTIO: Docência em Ciências**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 80, 2017. DOI: 10.3895/actio.v2n2.6812.

PEREIRA, Thiago M.; FRANCO, Daiana F. P.; VITÓRIO, Felipe; AMARAL, Ronaldo C.; PONZONI, Aparecida C.; KÜMMERLE, Arthur E. Microwave-assisted synthesis and pka determination of umbelliferone: An experiment for the undergraduate organic chemistry laboratory. **Química Nova**, [S. l.], v. 41, n. 10, p. 1205–1208, 2018. DOI: 10.21577/0100-4042.20170262.

PILLI, Ronaldo Aloise; DE ASSIS, Francisco F. Organic synthesis: New vistas in the Brazilian landscape. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S. l.], v. 90, n. 1, p. 895–941, 2018. DOI: 10.1590/0001-3765201820170564.

PINTO, José Ricardo; RIBEIRO, Maria Gabriela; MACHADO, Adélio. O desafio na escolha dos solventes em síntese – o workup como exemplo. **Química Nova**, [S. l.], v. 42, n. 8, p. 971–982, 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170400.

PISSURNO, Ana Paula da Rocha; DE LAURENTIZ, Rosângela da Silva. Synthesis of 4-azo-butenolides. **Synthetic Communications**, [S. l.], v. 47, n. 20, p. 1874–1878, 2017. DOI: 10.1080/00397911.2017.1354380.

PŁOTKA-WASYLKA, Justyna; MOHAMED, Heba M.; KUROWSKA-SUSDORF, Aleksandra; DEWANI, Rajkumar; FARES, Michel Y.; ANDRUCH, Vasil. Green analytical chemistry as an integral part of sustainable education development. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, [S. l.], v. 31, p. 100508, 2021. DOI: 10.1016/j.cogsc.2021.100508.

SANTOS, Vanessa da Matta Dos; AFONSO, Júlio Carlos. Recuperação de compostos de iodo de reagentes e soluções laboratoriais. **Química Nova**, [S. l.], v. 35,

n. 2, p. 398–402, 2012. DOI: 10.1590/S0100-40422012000200029.

SILVA, Francisco L. F. Da; DUARTE, Thalita O. A.; DANTAS, Allan N. S.; LOPES, Gisele S.; GOUVEIA, Sandro T.; MATOS, Wladiana O. Treatment of Waste From Atomic Emission Spectrometric Techniques and Reuse in Undergraduate Lab Classes for Qualitative Analysis. **Química Nova**, [S. l.], v. 38, n. 9, p. 1247–1252, 2015. DOI: 10.5935/0100-4042.20150142.

SOARES, Samara; ROCHA, Fábio R. P. Fast spectrophotometric determination of iodine value in biodiesel and vegetable oils. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [S. l.], v. 29, n. 8, p. 1701–1706, 2018. DOI: 10.21577/0103-5053.20180044.

SOUSA-AGUIAR, Eduardo F.; DE ALMEIDA, João M. A. R.; ROMANO, Pedro N.; FERNANDES, Rodrigo P.; CARVALHO, Yuri. Química verde: A evolução de um conceito. **Química Nova**, [S. l.], v. 37, n. 7, p. 1257–1261, 2014. DOI: 10.5935/0100-4042.20140212.

SOUZA, Rodrigo Octavio M. A. De; MIRANDA, Leandro Soter de M. e. Irradiação de micro-ondas aplicada à síntese orgânica: uma história de sucesso no Brasil. **Química Nova**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 497–506, 2011. DOI: 10.1590/s0100-40422011000300023.

TONIN, Tamara Mayer Leite; VEIGA DOS SANTOS, Marlei. Tratamento de resíduos de cromo gerados nas aulas de química analítica. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, [S. l.], v. 6, p. 34–47, 2020. DOI: 10.23899/relacult.v6i0.1694.

VARGAS, Pâmela S.; ROSA, Fernanda A.; BURIOL, Lilian; ROTTA, Mariane; MOREIRA, Dayse N.; FRIZZO, Clarissa P.; BONACORSO, Helio G.; ZANATTA, Nilo; MARTINS, Marcos A. P. Efficient microwave-assisted synthesis of 1-aryl-4-dimethylamino methyleno-pyrrolidine-2,3,5-triones. **Tetrahedron Letters**, [S. l.], v. 53, n. 25, p. 3131–3134, 2012. DOI: 10.1016/j.tetlet.2012.04.024.

VIEIRA, Bárbara Helena S.; LÃ, Roberta Barra P.; ROCHA, José G.; LÃ, Otavio R.; BARRA, Cristina M. Substituição do nitrobenzeno pelo óleo de soja como uma proposta para o ensino do método de Volhard em análise quantitativa. **Química Nova**, [S. l.], v. 40, n. 9, p. 1130–1135, 2017. DOI: 10.21577/0100-4042.20170090.

ZUIN, Vânia G.; STAHL, Aylon M.; ZANOTTI, Karine; SEGATTO, Mateus L. Green and sustainable chemistry in Latin America: Which type of research is going on? And for what? **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, [S. l.], v. 25, p. 100379, 2020. DOI: 10.1016/j.cogsc.2020.100379.

## **ANEXO 1 – ODS e suas metas**

### **ODS 1: Erradicação da Pobreza**

Meta 1.1: Até 2030, erradicar a pobreza extrema para todas as pessoas em todos os lugares, atualmente medida como pessoas vivendo com menos de US\$ 1,25 por dia;

Meta 1.2: Até 2030, reduzir pelo menos à metade a proporção de homens, mulheres e crianças, de todas as idades, que vivem na pobreza, em todas as suas dimensões, de acordo com as definições nacionais;

Meta 1.3: Implementar, em nível nacional, medidas e sistemas de proteção social apropriados, para todos, incluindo pisos, e até 2030 atingir a cobertura substancial dos pobres e vulneráveis;

Meta 1.4: Até 2030, garantir que todos os homens e mulheres, particularmente os pobres e vulneráveis, tenham direitos iguais aos recursos econômicos, bem como acesso a serviços básicos, propriedade e controle sobre a terra e outras formas de propriedade, herança, recursos naturais, novas tecnologias apropriadas e serviços financeiros, incluindo microfinanças;

Meta 1.5: Até 2030, construir a resiliência dos pobres e daqueles em situação de vulnerabilidade, e reduzir a exposição e vulnerabilidade destes a eventos extremos relacionados com o clima e outros choques e desastres econômicos, sociais e ambientais;

Meta 1.a: Garantir uma mobilização significativa de recursos a partir de uma variedade de fontes, inclusive por meio do reforço da cooperação para o desenvolvimento, de forma a proporcionar meios adequados e previsíveis para que os países em desenvolvimento, em particular os países de menor desenvolvimento relativo, implementem programas e políticas para acabar com a pobreza em todas as suas dimensões;

Meta 1.b: Criar marcos políticos sólidos, em níveis nacional, regional e internacional, com base em estratégias de desenvolvimento a favor dos pobres e sensíveis a gênero, para apoiar investimentos acelerados nas ações de erradicação da pobreza.

### **ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável.**



Meta 2.1: Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano;

Meta 2.2: Até 2030, acabar com todas as formas de desnutrição, inclusive pelo alcance até 2025 das metas acordadas internacionalmente sobre desnutrição crônica e desnutrição em crianças menores de cinco anos de idade, e atender às necessidades nutricionais de meninas adolescentes, mulheres grávidas e lactantes e pessoas idosas;

Meta 2.3: Até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual à terra, outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não-agrícola;

Meta 2.4: Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas robustas, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.

Meta 2.5: Até 2020, manter a diversidade genética de sementes, plantas cultivadas, animais de criação e domesticados e suas respectivas espécies selvagens, inclusive por meio de bancos de sementes e plantas diversificados e adequadamente geridos em nível nacional, regional e internacional, e garantir o acesso e a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes da utilização dos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados, conforme acordado internacionalmente;

Meta 2.a: Aumentar o investimento, inclusive por meio do reforço da cooperação internacional, em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas, desenvolvimento de tecnologia, e os bancos de genes de plantas e animais, de maneira a aumentar a capacidade de produção agrícola nos países em desenvolvimento, em particular nos países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 2.b: Corrigir e prevenir as restrições ao comércio e distorções nos mercados agrícolas mundiais, inclusive por meio da eliminação paralela de todas as formas de subsídios à exportação e todas as medidas de exportação com efeito equivalente, de acordo com o mandato da Rodada de Desenvolvimento de Doha;

Meta 2.c: Adotar medidas para garantir o funcionamento adequado dos mercados de commodities de alimentos e seus derivados, e facilitar o acesso oportuno à informação de mercado, inclusive sobre as reservas de alimentos, a fim de ajudar a limitar a volatilidade extrema dos preços dos alimentos.

**ODS 3: Saúde e Bem-Estar.**

Meta 3.1: Até 2030, reduzir a taxa de mortalidade materna global para menos de 70 mortes por 100.000 nascidos vivos;

Meta 3.2: Até 2030, acabar com as mortes evitáveis de recém-nascidos e crianças menores de 5 anos, com todos os países objetivando reduzir a mortalidade neonatal para pelo menos até 12 por 1.000 nascidos vivos e a mortalidade de crianças menores de 5 anos para pelo menos até 25 por 1.000 nascidos vivos;

Meta 3.3: Até 2030, acabar com as epidemias de AIDS, tuberculose, malária e doenças tropicais negligenciadas, e combater a hepatite, doenças transmitidas pela água, e outras doenças transmissíveis;

Meta 3.4: Até 2030, reduzir em um terço a mortalidade prematura por doenças não transmissíveis por meio de prevenção e tratamento, e promover a saúde mental e o bem-estar;

Meta 3.5: Reforçar a prevenção e o tratamento do abuso de substâncias, incluindo o abuso de drogas entorpecentes e uso nocivo do álcool;

Meta 3.6: Até 2020, reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas;

Meta 3.7: Até 2030, assegurar o acesso universal aos serviços de saúde sexual e reprodutiva, incluindo o planejamento familiar, informação e educação, bem como a integração da saúde reprodutiva em estratégias e programas nacionais;

Meta 3.8: Atingir a cobertura universal de saúde, incluindo a proteção do risco financeiro, o acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e o acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis para todos;

Meta 3.9: Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo;

Meta 3.a: Fortalecer a implementação da Convenção-Quadro para o Controle do Tabaco da Organização Mundial de Saúde em todos os países, conforme apropriado;

Meta 3.b: Apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas e medicamentos para as doenças transmissíveis e não transmissíveis, que afetam principalmente os países em desenvolvimento, proporcionar o acesso a medicamentos e vacinas essenciais a preços acessíveis, de acordo com a Declaração de Doha sobre o Acordo TRIPS e Saúde Pública, que afirma o direito dos países em desenvolvimento de utilizarem plenamente as disposições do Acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS, na sigla em inglês) sobre flexibilidades para proteger a saúde pública e, em particular, proporcionar o acesso a medicamentos para todos;

Meta 3.c: Aumentar substancialmente o financiamento da saúde e o recrutamento, desenvolvimento, treinamento e retenção do pessoal de saúde nos países em desenvolvimento, especialmente nos países de menor desenvolvimento relativo e nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento;

Meta 3.d reforçar a capacidade de todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais à saúde.

#### **ODS 4: Educação de Qualidade**

Meta 4.1: Até 2030, garantir que todas as meninas e meninos completem o ensino primário e secundário livre, equitativo e de qualidade, que conduza a resultados de aprendizagem relevantes e eficazes;

Meta 4.2: Até 2030, garantir que todos os meninos e meninas tenham acesso a um desenvolvimento de qualidade na primeira infância, cuidados e educação pré-escolar, de modo que estejam prontos para o ensino primário;

Meta 4.3: Até 2030, assegurar a igualdade de acesso para todos os homens e mulheres à educação técnica, profissional e superior de qualidade, a preços acessíveis, incluindo universidade;

Meta 4.4: Até 2030, aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo;

Meta 4.5 Até 2030, eliminar as disparidades de gênero na educação e garantir a igualdade de acesso a todos os níveis de educação e formação profissional para os mais vulneráveis, incluindo as pessoas com deficiência, povos indígenas e as crianças em situação de vulnerabilidade;

Meta 4.6: Até 2030, garantir que todos os jovens e uma substancial proporção dos adultos, homens e mulheres, estejam alfabetizados e tenham adquirido o conhecimento básico de matemática;

Meta 4.7: Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não-violência, cidadania global, e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável;

Meta 4.a: Construir e melhorar instalações físicas para educação, apropriadas para crianças e sensíveis às deficiências e ao gênero e que proporcionem ambientes de aprendizagem seguros, não violentos, inclusivos e eficazes para todos;

Meta 4.b: Até 2020 substancialmente ampliar globalmente o número de bolsas de estudo disponíveis para os países em desenvolvimento, em particular, os países de menor desenvolvimento relativo, pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países africanos, para o ensino superior, incluindo programas de formação profissional, de tecnologia da informação e da comunicação, programas técnicos, de engenharia e científicos em países desenvolvidos e outros países em desenvolvimento;

Meta 4.c: Até 2030, substancialmente aumentar o contingente de professores qualificados, inclusive por meio da cooperação internacional para a formação de professores, nos países em desenvolvimento, especialmente os países de menor desenvolvimento relativo e pequenos Estados insulares em desenvolvimento.

## **ODS 5: Igualdade de Gênero**

Meta 5.1: Acabar com todas as formas de discriminação contra todas as mulheres e meninas em toda parte;

Meta 5.2: Eliminar todas as formas de violência contra todas as mulheres e meninas nas esferas públicas e privadas, incluindo o tráfico e exploração sexual e de outros tipos;

Meta 5.3: Eliminar todas as práticas nocivas, como os casamentos prematuros, forçados e de crianças e mutilações genitais femininas;

Meta 5.4: Reconhecer e valorizar o trabalho de assistência e doméstico não remunerado, por meio da disponibilização de serviços públicos, infraestrutura e políticas de proteção social, bem como a promoção da responsabilidade compartilhada dentro do lar e da família, conforme os contextos nacionais;

Meta 5.5: Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para a liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública;

Meta 5.6: Assegurar o acesso universal à saúde sexual e reprodutiva e os direitos reprodutivos, como acordado em conformidade com o Programa de Ação da Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento e com a Plataforma de Ação de Pequim e os documentos resultantes de suas conferências de revisão;

Meta 5.a: Empreender reformas para dar às mulheres direitos iguais aos recursos econômicos, bem como o acesso a propriedade e controle sobre a terra e outras formas de propriedade, serviços financeiros, herança e os recursos naturais, de acordo com as leis nacionais;

Meta 5.b: Aumentar o uso de tecnologias de base, em particular as tecnologias de informação e comunicação, para promover o empoderamento das mulheres;

Meta 5.c: Adotar e fortalecer políticas sólidas e legislação aplicável para a promoção da igualdade de gênero e o empoderamento de todas as mulheres e meninas, em todos os níveis;

## **ODS 6: Água Potável e Saneamento**

Meta 6.1: Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos;

Meta 6.2: Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;

Meta 6.3: Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;

Meta 6.4: Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;

Meta 6.5: Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;

Meta 6.6: Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;

Meta 6.a: Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados a água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;

Meta 6.b: Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

### **ODS 7: Energia Acessível e Limpa**

Meta 7.1: Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia;

Meta 7.2: Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global;

Meta 7.3: Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética;

Meta 7.a: Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa;

Meta 7.b: Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países

em desenvolvimento, particularmente nos países de menor desenvolvimento relativo, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio;

### **ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico**

Meta 8.1: Sustentar o crescimento econômico per capita, de acordo com as circunstâncias nacionais e, em particular, pelo menos um crescimento anual de 7% do produto interno bruto nos países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 8.2: Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra;

Meta 8.3: Promover políticas orientadas para o desenvolvimento, que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros;

Meta 8.4: Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o "Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis", com os países desenvolvidos assumindo a liderança;

Meta 8.5: Até 2030, alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência, e remuneração igual para trabalho de igual valor;

Meta 8.6: Até 2020, reduzir substancialmente a proporção de jovens sem emprego, educação ou formação;

Meta 8.7: Tomar medidas imediatas e eficazes para erradicar o trabalho forçado, acabar com a escravidão moderna e o tráfico de pessoas e assegurar a proibição e eliminação das piores formas de trabalho infantil, incluindo recrutamento e utilização de crianças-soldado, e até 2025 acabar com o trabalho infantil em todas as suas formas;

Meta 8.8: Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores migrantes, em particular as mulheres migrantes, e pessoas com emprego precário;

Meta 8.9: Até 2030, conceber e implementar políticas para promover o turismo sustentável, que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais

Meta 8.10 Fortalecer a capacidade das instituições financeiras nacionais para incentivar a expansão do acesso aos serviços bancários, financeiros, e de seguros para todos;

Meta 8.a: Aumentar o apoio da Iniciativa de Ajuda para o Comércio (Aid for Trade) para os países em desenvolvimento, particularmente os países de menor desenvolvimento relativo, inclusive por meio do Quadro Integrado Reforçado para a Assistência Técnica Relacionada com o Comércio para os países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 8.b: Até 2020, desenvolver e operacionalizar uma estratégia global para o emprego dos jovens e implementar o Pacto Mundial para o Emprego da Organização Internacional do Trabalho;

### **ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura**

Meta 9.1: Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e robusta, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos;

Meta 9.2: Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria no emprego e no produto interno bruto, de acordo com as circunstâncias nacionais, e dobrar sua participação nos países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 9.3: Aumentar o acesso das pequenas indústrias e outras empresas, particularmente em países em desenvolvimento, aos serviços financeiros, incluindo crédito acessível e sua integração em cadeias de valor e mercados;

Meta 9.4: Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades;

Meta 9.5: Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando



substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento;

Meta 9.a: Facilitar o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e robusta em países em desenvolvimento, por meio de maior apoio financeiro, tecnológico e técnico aos países africanos, aos países de menor desenvolvimento relativo, aos países em desenvolvimento sem litoral e aos pequenos Estados insulares em desenvolvimento;

Meta 9.b: Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento, inclusive garantindo um ambiente político propício para, entre outras coisas, diversificação industrial e agregação de valor às commodities;

Meta 9.c: Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação e se empenhar para procurar ao máximo oferecer acesso universal e a preços acessíveis à internet nos países menos desenvolvidos, até 2020.

### **ODS 10: Redução das Desigualdades**

Meta 10.1: Até 2030, progressivamente alcançar e sustentar o crescimento da renda dos 40% da população mais pobre a uma taxa maior que a média nacional;

Meta 10.2: Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, sexo, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra;

Meta 10.3: Garantir a igualdade de oportunidades e reduzir as desigualdades de resultado, inclusive por meio da eliminação de leis, políticas e práticas discriminatórias e promover legislação, políticas e ações adequadas a este respeito;

Meta 10.4: Adotar políticas, especialmente fiscal, salarial e políticas de proteção social, e alcançar progressivamente uma maior igualdade;

Meta 10.5: Melhorar a regulamentação e monitoramento dos mercados e instituições financeiras globais, e fortalecer a implementação de tais regulamentações;

Meta 10.6: Assegurar uma representação e voz mais forte dos países em desenvolvimento em tomadas de decisão nas instituições econômicas e financeiras internacionais globais, a fim de garantir instituições mais eficazes, críveis, responsáveis e legítimas;

Meta 10.7: Facilitar a migração e a mobilidade ordenada, segura, regular e responsável de pessoas, inclusive por meio da implementação de políticas de migração planejadas e bem geridas;

Meta 10.a: Implementar o princípio do tratamento especial e diferenciado para países em desenvolvimento, em particular os países de menor desenvolvimento relativo, em conformidade com os acordos da Organização Mundial do Comércio;

Meta 10.b: Incentivar a assistência oficial ao desenvolvimento e fluxos financeiros, incluindo o investimento externo direto, para os Estados onde a necessidade é maior, em particular os países de menor desenvolvimento relativo, os países africanos, os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus planos e programas nacionais;

Meta 10.c: Até 2030, reduzir para menos de 3% os custos de transação de remessas dos migrantes e eliminar “corredores de remessas” com custos superiores a 5%.

#### **ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis.**

Meta 11.1: Até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas;

Meta 11.2: Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos;

Meta 11.3: Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países;

Meta 11.4: Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo;

Meta 11.5: Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e diminuir substancialmente as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade;

Meta 11.6: Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros;

Meta 11.7: Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, em particular para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência;

Meta 11.a: Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento;

Meta 11.b: Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis;

Meta 11.c: Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e robustas, utilizando materiais locais.

## **ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis**

Meta 12.1: Implementar o Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento;

Meta 12.2: Até 2030, alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais;

Meta 12.3: Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, em nível de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita;

Meta 12.4: Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir significativamente a

liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Meta 12.5: Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso;

Meta 12.6: Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios;

Meta 12.7: Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais;

Meta 12.8: Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização sobre o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza;

Meta 12.a: Apoiar países em desenvolvimento para que fortaleçam suas capacidades científicas e tecnológicas em rumo à padrões mais sustentáveis de produção e consumo;

Meta 12.b: Desenvolver e implementar ferramentas para monitorar os impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais;

Meta 12.c Racionalizar subsídios ineficientes aos combustíveis fósseis, que encorajam o consumo exagerado, eliminando as distorções de mercado, de acordo com as circunstâncias nacionais, inclusive por meio da reestruturação fiscal e a eliminação gradual desses subsídios prejudiciais, caso existam, para refletir os seus impactos ambientais, tendo plenamente em conta as necessidades específicas e condições dos países em desenvolvimento e minimizando os possíveis impactos adversos sobre o seu desenvolvimento de maneira que proteja os pobres e as comunidades afetadas.

### **ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima**

Meta 13.1: Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países;

Meta 13.2: Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais;

Meta 13.3: Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação global do clima, adaptação, redução de impacto, e alerta precoce à mudança do clima;

Meta 13.a: Implementar o compromisso assumido pelos países desenvolvidos partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para a meta de mobilizar conjuntamente US\$ 100 bilhões por ano até 2020, de todas as fontes, para atender às necessidades dos países em desenvolvimento, no contexto de ações significativas de mitigação e transparência na implementação; e operacionalizar plenamente o Fundo Verde para o Clima, por meio de sua capitalização, o mais cedo possível;

13.b: Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas;

#### **ODS 14: Vida na Água**

Meta 14.1: Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes;

Meta 14.2: Até 2020, gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos;

Meta 14.3: Minimizar e enfrentar os impactos da acidificação dos oceanos, inclusive por meio do reforço da cooperação científica em todos os níveis;

Meta 14.4: Até 2020, efetivamente regular a coleta, e acabar com a sobrepesca, ilegal, não reportada e não regulamentada e as práticas de pesca destrutivas, e implementar planos de gestão com base científica, para restaurar populações de peixes no menor tempo possível, pelo menos a níveis que possam produzir rendimento máximo sustentável, como determinado por suas características biológicas;

Meta 14.5: Até 2020, conservar pelo menos 10% das zonas costeiras e marinhas, de acordo com a legislação nacional e internacional, e com base na melhor informação científica disponível;

Meta 14.6: Até 2020, proibir certas formas de subsídios à pesca, que contribuem para a sobrecapacidade e a sobrepesca, e eliminar os subsídios que contribuam para a pesca ilegal, não reportada e não regulamentada, e abster-se de introduzir novos subsídios como estes, reconhecendo que o tratamento especial e diferenciado adequado e eficaz para os países em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo deve ser parte integrante da negociação sobre subsídios à pesca da Organização Mundial do Comércio;

Meta 14.7: Até 2030, aumentar os benefícios econômicos para os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo, a partir do uso sustentável dos recursos marinhos, inclusive por meio de uma gestão sustentável da pesca, aquicultura e turismo;

Meta 14.a: Aumentar o conhecimento científico, desenvolver capacidades de pesquisa e transferir tecnologia marinha, tendo em conta os critérios e orientações sobre a Transferência de Tecnologia Marinha da Comissão Oceanográfica Intergovernamental, a fim de melhorar a saúde dos oceanos e aumentar a contribuição da biodiversidade marinha para o desenvolvimento dos países em desenvolvimento, em particular os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e os países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 14.b: Proporcionar o acesso dos pescadores artesanais de pequena escala aos recursos marinhos e mercados;

Meta 14.c: Assegurar a conservação e o uso sustentável dos oceanos e seus recursos pela implementação do direito internacional, como refletido na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, que provê o arcabouço legal para a conservação e utilização sustentável dos oceanos e dos seus recursos, conforme registrado no parágrafo 158 do “Futuro Que Queremos”.

## **ODS 15: Vida Terrestre**

Meta 15.1: Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial,

florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais;

Meta 15.2: Até 2020, promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente;

Meta 15.3 Até 2030, combater a desertificação, e restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo;

Meta 15.4: Até 2030, assegurar a conservação dos ecossistemas de montanha, incluindo a sua biodiversidade, para melhorar a sua capacidade de proporcionar benefícios, que são essenciais para o desenvolvimento sustentável;

Meta 15.5: Tomar medidas urgentes e significativas para reduzir a degradação de habitat naturais, estancar a perda de biodiversidade e, até 2020, proteger e evitar a extinção de espécies ameaçadas;

Meta 15.6: Garantir uma repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, e promover o acesso adequado aos recursos genéticos;

Meta 15.7: Tomar medidas urgentes para acabar com a caça ilegal e o tráfico de espécies da flora e fauna protegidas, e abordar tanto a demanda quanto a oferta de produtos ilegais da vida selvagem;

Meta 15.8: Até 2020, implementar medidas para evitar a introdução e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos, e controlar ou erradicar as espécies prioritárias;

Meta 15.9: Até 2020, integrar os valores dos ecossistemas e da biodiversidade ao planejamento nacional e local, nos processos de desenvolvimento, nas estratégias de redução da pobreza, e nos sistemas de contas;

Meta 15.a: Mobilizar e aumentar significativamente, a partir de todas as fontes, os recursos financeiros para a conservação e o uso sustentável da biodiversidade e dos ecossistemas;

Meta 15.b: Mobilizar significativamente os recursos de todas as fontes e em todos os níveis, para financiar o manejo florestal sustentável e proporcionar incentivos adequados aos países em desenvolvimento, para promover o manejo florestal sustentável, inclusive para a conservação e o reflorestamento;

Meta 15.c: Reforçar o apoio global para os esforços de combate à caça ilegal e ao tráfico de espécies protegidas, inclusive por meio do aumento da capacidade das comunidades locais para buscar oportunidades de subsistência sustentável.

**ODS 16: Paz, Justiça e Instituições Eficazes**

Meta 16.1: Reduzir significativamente todas as formas de violência e as taxas de mortalidade relacionada, em todos os lugares;

Meta 16.2: Acabar com abuso, exploração, tráfico e todas as formas de violência e tortura contra crianças;

Meta 16.3: Promover o Estado de Direito, em nível nacional e internacional, e garantir a igualdade de acesso à justiça, para todos;

Meta 16.4: Até 2030, reduzir significativamente os fluxos financeiros e de armas ilegais, reforçar a recuperação e devolução de recursos roubados, e combater todas as formas de crime organizado;

Meta 16.5: Reduzir substancialmente a corrupção e o suborno em todas as suas formas;

Meta 16.6: Desenvolver instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis;

Meta 16.7: Garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis;

Meta 16.8: Ampliar e fortalecer a participação dos países em desenvolvimento nas instituições de governança global;

Meta 16.9: Até 2030, fornecer identidade legal para todos, incluindo o registro de nascimento:

16.10: Assegurar o acesso público à informação e proteger as liberdades fundamentais, em conformidade com a legislação nacional e os acordos internacionais;

Meta 16.a: Fortalecer as instituições nacionais relevantes, inclusive por meio da cooperação internacional, para a construção de capacidades em todos os níveis, em particular nos países em desenvolvimento, para a prevenção da violência e o combate ao terrorismo e ao crime;

16.b: Promover e fazer cumprir leis e políticas não discriminatórias para o desenvolvimento sustentável.



**ODS 17: Parceiras e Meios de Implementação.**

Meta 17.1: Fortalecer a mobilização de recursos internos, inclusive por meio do apoio internacional aos países em desenvolvimento, para melhorar a capacidade nacional para arrecadação de impostos e outras receitas;

Meta 17.2: Países desenvolvidos implementarem plenamente os seus compromissos em matéria de assistência oficial ao desenvolvimento, inclusive o compromisso apresentado por vários países desenvolvidos de alcançar a meta de 0,7% da renda nacional bruta para assistência oficial ao desenvolvimento (RNB/AOD) aos países em desenvolvimento, e 0,15 a 0,20% da RNB/AOD para os países de menor desenvolvimento relativo; provedores de AOD são encorajados a considerarem definir uma meta para prover pelo menos 0,20% da RNB/AOD para os países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 17.3: Mobilizar recursos financeiros adicionais para os países em desenvolvimento a partir de múltiplas fontes;

Meta 17.4: Ajudar os países em desenvolvimento a alcançar a sustentabilidade da dívida de longo prazo, por meio de políticas coordenadas destinadas a promover o financiamento, a redução e a reestruturação da dívida, conforme apropriado, e tratar da dívida externa dos países pobres altamente endividados para reduzir o superendividamento;

Meta 17.5: Adotar e implementar regimes de promoção de investimentos para os países de menor desenvolvimento relativo;

Meta 17.6: Melhorar a cooperação regional e internacional Norte-Sul, Sul-Sul e triangular e o acesso à ciência, tecnologia e inovação, e aumentar o compartilhamento de conhecimentos em termos mutuamente acordados, inclusive por meio de uma melhor coordenação entre os mecanismos existentes, particularmente no nível das Nações Unidas, e por meio de um mecanismo global de facilitação de tecnologia global;

Meta 17.7: Promover o desenvolvimento, a transferência, a disseminação e a difusão de tecnologias ambientalmente corretas para os países em desenvolvimento, em condições favoráveis, inclusive em condições concessionais e preferenciais, conforme mutuamente acordado;

Meta 17.8: Operacionalizar plenamente o Banco de Tecnologia e o mecanismo de desenvolvimento de capacidades em ciência, tecnologia e inovação para os países de menor desenvolvimento relativo até 2017, e aumentar o uso de tecnologias capacitadoras, em particular tecnologias de informação e comunicação;

Meta 17.9: Reforçar o apoio internacional para a implementação eficaz e orientada do desenvolvimento de capacidades em países em desenvolvimento, a fim de apoiar os planos nacionais para implementar todos os objetivos de desenvolvimento sustentável, inclusive por meio da cooperação Norte-Sul, Sul-Sul e triangular;

Meta 17.10: Promover um sistema multilateral de comércio universal, baseado em regras, aberto, não discriminatório e equitativo no âmbito da Organização Mundial do Comércio, inclusive por meio da conclusão das negociações no âmbito de sua Agenda de Desenvolvimento de Doha;

Meta 17.11: Aumentar significativamente as exportações dos países em desenvolvimento, em particular com o objetivo de duplicar a participação dos países de menor desenvolvimento relativo nas exportações globais até 2020;

Meta 17.12: Concretizar a implementação oportuna de acesso a mercados livres de cotas e taxas, de forma duradoura, para todos os países de menor desenvolvimento relativo, de acordo com as decisões da Organização Mundial do Comércio, inclusive por meio de garantias de que as regras de origem preferenciais aplicáveis às importações provenientes de países de menor desenvolvimento relativo sejam transparentes e simples, e contribuam para facilitar o acesso ao mercado

Questões sistêmicas;

Meta 17.13: Aumentar a estabilidade macroeconômica global, inclusive por meio da coordenação e da coerência de políticas;

Meta 17.14: Aumentar a coerência das políticas para o desenvolvimento sustentável;

Meta 17.15: Respeitar o espaço político e a liderança de cada país para estabelecer e implementar políticas para a erradicação da pobreza e o desenvolvimento sustentável;

Meta 17.16: Reforçar a parceria global para o desenvolvimento sustentável complementada por parcerias multissetoriais, que mobilizem e compartilhem conhecimento, experiência, tecnologia e recursos financeiros para apoiar a realização

dos objetivos do desenvolvimento sustentável em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento;

Meta 17.17: Incentivar e promover parcerias públicas, público-privadas, privadas, e com a sociedade civil eficazes, a partir da experiência das estratégias de mobilização de recursos dessas parcerias Dados, monitoramento e prestação de contas;

Meta 17.18: Até 2020, reforçar o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento, inclusive para os países de menor desenvolvimento relativo e pequenos Estados insulares em desenvolvimento, para aumentar significativamente a disponibilidade de dados de alta qualidade, atuais e confiáveis, desagregados por renda, gênero, idade, raça, etnia, status migratório, deficiência, localização geográfica e outras características relevantes em contextos nacionais;

Meta 17.19: Até 2030, valer-se de iniciativas existentes, para desenvolver medidas do progresso do desenvolvimento sustentável que complementem o produto interno bruto e apoiar o desenvolvimento de capacidades em estatística nos países em desenvolvimento.

## Anexo 2 – Roteiros de práticas analisados

**CENTRO UNIVERSITÁRIO  
SENAI CIMATEC**



---

### **Prática 1: Separação e identificação de cátions do Grupo I ( $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}^{2+}$ e $\text{Pb}^{2+}$ )**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório online (Google meet)

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamento**
  - Centrífuga
  - Chapa de aquecimento
- **Utensílios**
  - Conta-gotas
  - Pipetador ou përa
  - Estante para tubo de ensaio
- **Vidrarias**
  - Tubos de ensaio
  - Béqueres 50 mL
  - 1 pipeta graduada 5 mL
- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
  - Água destilada
  - Ácido clorídrico 6M
  - Cromato de potássio de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  5%
  - Hidróxido de amônio concentrado ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )
  - Ácido nítrico a 15% ( $\text{HNO}_3$ )
  - Ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
  - Amostra (Solução contendo: nitrato de prata  $\text{AgNO}_3$  a 1M, nitrato de chumbo II  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  a 1M, nitrato de mercúrio  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  a 1M)

---

**Procedimentos:**

1. Colocar, em um tubo de ensaio, 2 mL da solução contendo os cátions desse grupo.
2. Adicionar gotas de HCl 6M até precipitar. Centrifugar e separar o precipitado I do sobrenadante I. Descartar o sobrenadante I.
3. Ao precipitado I, adicionar gotas de água quente. Centrifugar e separar o precipitado II do sobrenadante II.
4. Ao sobrenadante II, adicionar uma gota de ácido acético glacial. Após, adicionar 5 gotas de cromato de potássio. Observar a formação de um precipitado amarelo. Centrifugar e separar o precipitado III (amarelo) do sobrenadante III.
5. Ao precipitado II, adicionar gotas de hidróxido de amônio até observar a formação de um precipitado escuro (precipitado IV). Centrifugar e separar o precipitado IV (escuro) do sobrenadante IV.
6. Ao sobrenadante IV, adicionar gotas de ácido nítrico até a observação da formação de um precipitado branco (precipitado V). Verificar o pH da mistura com papel indicador.
7. Centrifugar a mistura para separação entre o precipitado V e o sobrenadante V.

---

## **Prática 2: Volumetria de neutralização**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:** Preparo e padronização de soluções

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamento**
  - Balança
  - Chapa com agitação
  
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
  
- **Utensílios**
  - 2 Espátulas
  - Pipetador
  - Suporte universal com garras
  
- **Vidrarias**
  - 2 Balões volumétricos de 100mL
  - 2 Béqueres de 100 mL
  - 6 Erlenmeyers
  - Bastão de vidro
  - Pipeta graduada
  - Proveta de 50 mL
  - Bureta de 50 mL

- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
  - Hidróxido de sódio - NaOH
  - Ácido sulfúrico - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - Biftalato de potássio-[C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CO<sub>2</sub>H)(CO<sub>2</sub>K)]
  - Solução alcoólica de fenoftaleína 1%

**Procedimentos:**

- **Preparo e Diluições de Soluções Padrões**
  - **Solução de NaOH**
    1. Em um béquer, pesar a massa de hidróxido de sódio suficiente para preparar 100 mL desta solução na concentração de 0,100 mol/L. Com auxílio de um bastão de vidro, dissolver o NaOH em água destilada transferir quantitativamente a solução para o balão volumétrico e completar o volume com água até a marca de aferição do balão.
    2. Após homogeneizar a solução, armazene-a em frasco plástico.
  - **Solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**
    1. Calcular o volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> necessário para 100 mL de uma solução 0,1M Acrescentar água destilada em um balão volumétrico e transferir o volume calculado do ácido concentrado para o respectivo balão. Completar o volume, com água destilada, até a marca de aferição do balão e homogeneizar a solução.
- **Padronização das soluções de NaOH e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**
  - **Aferição da solução de NaOH com biftalato de potássio (padrão primário)**
    1. Com auxílio de uma espátula, pesar em balança analítica 0,1 g de biftalato de potássio [C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CO<sub>2</sub>H)(CO<sub>2</sub>K)] diretamente em um erlenmeyer de 125 mL.
    2. Diluir a massa pesada com aproximadamente 50 mL com água destilada.

3. Adicionar 2 gotas de fenolftaleína e titular com solução padrão de hidróxido de sódio até o aparecimento da coloração rosa pálido que persista por 30 segundos após agitação.
  4. Anote o volume gasto na titulação e repita o procedimento para mais duas amostras.
- **Determinação da concentração da solução de  $H_2SO_4$  com a solução de NaOH padronizada (padrão secundário).**
    1. Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, transferir 2,00 mL da solução padrão do ácido preparado para um erlenmeyer de 125 mL e acrescentar cerca de 50,00 mL de água destilada.
    2. Adicionar 2 gotas de fenolftaleína e titular com solução padronizada de hidróxido de sódio.
    3. Anote o volume gasto na titulação. Realizar a análise em triplicata.

**Anexos:**

- ANEXO I – Modelo de Relatório
- ANEXO II – Questionário
- ANEXO III – Objetivos, Embasamento Teórico e Referência



---

### Prática 3: Volumetria de precipitação

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório de Química Didático

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Balança Analítica
  
- **Materiais**
  - Suporte universal
  - Bureta 50 mL
  - Pipeta volumétrica de 10 mL
  - Béquer de 100 mL
  - Erlenmeyer de 250 mL
  
- **Reagentes/Solventes**
  - Solução fisiológica
  - Nitrato de Prata 0,1 M
  - Cromato de Potássio 5%

**Procedimentos:**

- **Determinação de Cloreto na Amostra de Soro Fisiológico**
  1. Transferir uma alíquota de 10 mL da solução fisiológica para um Erlenmeyer de 250 mL
  2. Adicionar 0,5 mL de cromato de potássio 5%
  3. Titular com nitrato de prata 0,1 M (padronizado), até obtenção de leve coloração vermelho-tijolo, anotando o volume gasto
  4. Repetir o procedimento com mais duas alíquotas da amostra
  5. Calcular média, desvio padrão, coeficiente de variação e intervalo de confiança para a concentração de cloreto de sódio em solução fisiológica

6. Comparar, estatisticamente, a média da concentração de cloreto de sódio obtida com o valor indicado no frasco do produto
7. Simular a curva de titulação próximo da zona de transição do indicador, calculando  $pAg$  antes do ponto de equivalência, no ponto de equivalência e após o ponto de equivalência

- **Objetivo**

Determinar a concentração de cloreto de sódio em solução fisiológica empregando a volumetria de precipitação.

ANEXO I – Tabela de Dados

**Tabela1.** Determinação da concentração de cloreto de sódio em solução fisiológica

Nº do erlenmeyer	Volume gasto de $AgNO_3$ (mL)	Concentração de $Cl^-$ na amostra (%)
<b>Média NaCl (%)</b>		
<b>Desvio Padrão (%)</b>		
<b>CV (%)</b>		
<b>IC (a 95%)</b>		

---

### **Prática 4: Volumetria de oxirredução**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório de Química Didático

**Equipamentos e Materiais:**

- **Utensílios**
  - Suporte Universal
  - Garra
  
- **Vidrarias**
  - Pipeta Volumétrica de 10 mL
  - Balão Volumétrico de 100 mL
  - Erlenmeyer de 250 mL
  - Bureta de 50 mL
  - Béquer de 50 ou 100 mL
  
- **Produtos Químicos**
  - Ácido Sulfúrico 20%
  - Água Oxigenada
  - Água Destilada
  - Sol. Padrão de Permanganato de Potássio 0,02 mol/L

**Procedimentos:**

- **Determinação da concentração de peróxido de hidrogênio em amostra farmacêutica**
  1. Transferir 10 mL da “água oxigenada” a 10 volumes para um balão volumétrico de 100 mL e completar com água destilada até a marca.
  2. Pipetar 10 mL desta solução para um erlenmeyer de 250 mL;
  3. Adicionar 10 mL de ácido sulfúrico 1:5.
  4. Titular com a solução padrão de permanganato de potássio 0,02 mol/L até aparecimento de uma coloração rosa permanente.
  5. Repetir o procedimento por mais duas vezes.

- 
6. Determinar a porcentagem real do  $\text{H}_2\text{O}_2$  na amostra comercial (força de volume) através da titulação com uma solução padronizada de  $\text{KMnO}_4$  e compare, estatisticamente, o valor obtido experimentalmente com o valor rotulado.

**Anexos:**

- Tabelas de Dados
- Referências

---

**Prática 5: Determinação potenciométrica da concentração de ácido acético em vinagre – Titulação potenciométrica**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamento**
  - Potenciômetro sensível a 0,05 unidade de pH;
  - Agitador magnético;
  
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
  
- **Utensílios**
  - Barra magnética
  - Pisseta
  
- **Vidrarias**
  - 1 Bureta de 50 mL;
  - 1 Pipeta volumétrica de 25 mL;
  - 3 erlenmeyer de 250 mL;
  - 2 béqueres de 100 mL;
  
- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
  - Vinagre
  - Hidróxido de sódio 0,5 M

---

**Procedimentos:**

1. Preparar 500 mL de solução de NaOH 0,5 M e padronizar usando biftalato de potássio como padrão primário;
2. Transferir 20 mL da amostra de vinagre para um béquer de 250 mL;
3. Cuidadosamente, introduzir o eletrodo de vidro no béquer de 250 mL;
4. Adicionar água destilada até cobrir o “bulbo” do eletrodo;
5. Colocar a barra magnética no béquer;
6. Colocar o béquer sobre o agitador magnético;
7. Preencher a bureta com a solução padronizada de hidróxido de sódio, padronizada anteriormente;
8. Ligar o agitador magnético evitando o contato da barra com o eletrodo;
9. Ligar o Potenciômetro e observar o pH. Anotar o valor do pH inicial;
10. Anotar o volume adicionado em mL e o valor de pH a cada 2 mL de NaOH adicionado;
11. Continuar adicionando hidróxido de sódio, lentamente, até se observar uma variação “brusca” de pH. Faça mais algumas adições de base;
12. Construa um gráfico de pH x Volume de base outra da Variação do valor de pH pela variação do volume ( $\Delta\text{pH}/\Delta V_2$ ).
13. Determine o ponto de equivalência, através da análise gráfica.
14. Com o volume de base determinado no ponto de equivalência, calcule o teor do ácido acético.
15. Calcular a massa de ácido acético presente no vinagre

---

**Prática 6: Determinação da acidez em diferentes compostos naturais**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:** Preparo e padronização de soluções

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamento**
  - Balança
  
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
  
- **Utensílios**
  - Espátulas
  - Pipetador
  - Suporte universal com garras
  - Papel de filtro ou algodão
  - Funil
  
- **Vidrarias**
  - Balão volumétrico de 100mL
  - Béqueres de 100 mL
  - Erlenmeyers de 250 mL
  - Bastão de vidro
  - Pipeta graduada
  - Proveta de 50 mL
  - Bureta de 50 mL

• **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**

- NaOH 0,1 mol/L
- Solução alcoólica de fenolftaleína 1% (m/v)
- Amostra de vinagre
- Amostra de leite
- Amostra de limão

**Procedimentos:**

**1) Determinação da concentração percentual de ácido acético (MM = 60,05 g/mol) no vinagre**

1. Transferir uma alíquota de 5,0 mL de vinagre para um Erlenmeyer de 250 mL.
2. Adicionar aproximadamente 50 mL de água destilada e 3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína 1% (m/v).
3. Titular a amostra com solução padronizada de NaOH 0,10 mol/L.
4. Repetir o procedimento para outras duas amostras de vinagre.
5. Comparar, estatisticamente, os dois métodos (titulação potenciométrica e titulação com indicador) utilizados para a determinação da concentração de ácido acético no vinagre

**2) Determinação da concentração percentual de ácido láctico (MM = 90,08 g/mol) no leite**

1. Transferir uma alíquota de 25 mL de leite para um Erlenmeyer de 250 mL.
2. Adicionar 3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína 1% (m/v).
3. Titular a amostra com solução padronizada de NaOH 0,10 mol/L.
4. Repetir o procedimento para outras duas amostras de leite.

**3) Determinação da concentração percentual de ácido cítrico (MM = 192,12 g/mol) no limão**

1. Espremer o limão e filtrar o suco em algodão ou papel de filtro de poros grandes
2. Pipetar 10 mL do suco para um balão volumétrico de 100 mL e completar o volume com água destilada
3. Transferir uma alíquota de 20 mL do suco diluído para um Erlenmeyer de 250 mL.
4. Adicionar 3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína 1% (m/v).
5. Titular a amostra com solução padronizada de NaOH 0,10 mol/L.
6. Repetir o procedimento para outras duas amostras de leite.



---

### Prática 7: Volumetria de complexação

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório de Química Didático

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Balança Analítica
  
- **Vidrarias**
  - Pipeta Volumétrica de 10 mL
  - Béquer de 100 mL
  - Proveta de 50 mL
  - Erlenmeyer de 250 mL
  
- **Reagentes/Solventes**
  - Carbonato de Cálcio 0,015 M
  - Cromato de Potássio
  - Água Destilada
  - Indicador Negro de Eriocromo T
  - Hidróxido de potássio 3 mol/L
  - Indicador Calcon
  - EDTA 0,015 mol/L
  - Solução tampão amoniacal

**Procedimentos:**

- **Padronização da solução de EDTA 0,015M**
  1. Tome 3 alíquotas de 10,00 mL da solução padrão de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ,  $PM = 100,09$ ), coloque em erlenmeyers de 250 mL e adicione água destilada até 100 mL aproveitando para lavar as paredes do recipiente;

2. Adicione 5 mL de KOH (3M). Use o Calcon como indicador, colocando-o somente na hora de iniciar a titulação;
3. Padronize o EDTA (PM = 372,24), contido numa bureta de 50 mL, até que a solução do titrante mude de vermelho para azul, anote o volume de EDTA gasto para atingir o ponto final ( $V_f$ )

Resultados: Com os dados da tabela 1, determine a concentração da solução de EDTA (Mol EDTA/L). Faça o tratamento estatístico dos dados, calculando o coeficiente de variação (CV%), e o intervalo de confiança da concentração (IC) com os dados e o número de algarismos significativos apropriados

• **Determinação de Ca e Mg com EDTA - Dosagem de Cálcio**

1. Tome 3 alíquotas de 10,00 mL da solução amostra, coloque em erlenmeyers de 250 mL e adicione água destilada até 100 mL aproveitando para lavar as paredes do recipiente;
2. Adicione 5 mL de KOH (3M). Use o Calcon como indicador;
3. Titule com o EDTA, padronizado na **Primeira Parte**, até que a solução mude de vermelho para azul, anote o volume de EDTA gasto para atingir o ponto final ( $V_f$ )

Resultados: Com os dados da tabela 2, determine a concentração de cálcio na amostra (Mol Ca/L). Faça o tratamento estatístico dos dados, calculando o coeficiente de variação (CV%), e o intervalo de confiança da concentração (IC) com os dados e o número de algarismos significativos apropriados

• **Determinação de Ca e Mg com EDTA - Dosagem de Cálcio e Magnésio**

1. Tome 3 alíquotas de 10,00 mL da solução amostra, coloque em erlenmeyers de 250 mL e adicione água destilada até 100 mL aproveitando para lavar as paredes do recipiente;
2. Adicione 5 mL de tampão amoniacal e use o Negro de Eriocromo T como indicador;
3. Titule com o EDTA, padronizado na **Primeira Parte**, até que a solução mude de vermelho para azul, anote o volume de EDTA gasto para atingir o ponto final ( $V_f$ )

Resultados: Calcule o volume de EDTA usado na titulação de magnésio usando a seguinte fórmula:

$$V_f \text{ do Mg} = (V_f \text{ do Ca+Mg}) - (*V_f \text{ do Ca})$$

Onde (\* $V_f$  do Ca) corresponde à média dos volumes gastos na titulação de cálcio.

Com os dados da Tabela 3, determine a concentração de magnésio na amostra (Mol Mg/L). Faça o tratamento estatístico dos dados, calculando o coeficiente de variação (CV%), e o intervalo de confiança da concentração (IC) com os dados e o número de algarismos significativos apropriados.

---

## **Prática 8: Espectrofotometria Molecular**

**Componente Curricular:** Química Analítica Prática

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório de Química Didático

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Balança Analítica
  - Espectrofotômetro UV-vis
  
- **Vidrarias**
  - Cubeta
  - Balão Volumétrico de 100 mL
  - Pipeta de 1,00 mL
  - Pipeta de 2,00 mL
  - Pipeta de 5,00 mL
  - Pipeta de 10,00 mL
  - Balão volumétrico de 100 mL
  - Balão volumétrico de 25 mL
  - Béquero de 50 mL
  
- **Reagentes/Solventes**
  - Água destilada
  - Permanganato de potássio 1,0 g/L

**Procedimentos:**

- **Preparo da solução estoque de  $\text{KMnO}_4$  1,0 g/L**
  1. Calcular a massa de  $\text{KMnO}_4$  necessária para preparar 25 mL da solução estoque na concentração de 1,0 g/L
  2. Pesar a massa de  $\text{KMnO}_4$ , transferir para o balão volumétrico de 25 mL e completar o volume com água destilada.

- 
- **Preparo da curva analítica**
    1. Tome cinco balões volumétricos de 100,0 mL e numere-os conforme a **Tabela 1**.
    2. Com a pipeta apropriada, coloque em cada um deles o volume correspondente da solução estoque de permanganato de potássio e complete com água destilada.
    3. Homogeneíze as soluções.
  
  - **Preparo das Amostras**
    1. Amostra A: Pipetar 10 mL da amostra A em um balão volumétrico de 100 mL e completar o volume com água destilada
    2. Amostra B: Pipetar 10 mL da amostra B em um balão volumétrico de 100 mL e completar o volume com água destilada
  
  - **Medidas das Absorbâncias**
    1. Realize a leitura das absorbâncias dos padrões preparados para a construção da curva analítica e as duas amostras, com um par de cubetas selecionadas, no comprimento de onda de 520 nm.
    2. Use uma das cubetas com o branco (água destilada), para fazer os ajustes das medidas espectrofotométricas, e a outra para as soluções e amostras. Anote os dados na Tabela 1.

**Anexos:**

- Tabelas da Dados
- Questionário
- Objetivo

**Atividade Prática:** Elementos Químicos e Reatividade

**Componente Curricular:** Química Prática (GRD-MAT-0502)

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:**

- Identificação de metais através de sua radiação visível
- Identificação da Reação de Metais com Água e com Ácidos
- Identificação da Reatividade de Ametais

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Capela
  
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
  
- **Utensílios**
  - Papel Macio
  - Fósforo
  - Espátula
  - Grade para Tubo de Ensaio
  - Conta-gotas
  
- **Vidrarias**
  - Béqueres de 50 ou 100 mL
  - Tubos de Ensaio
  - Bastão de Vidro
  - Placa de Petri

- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**

- Água destilada (H<sub>2</sub>O)
- Cloreto de Cálcio
- Cloreto de Cobre II
- Cloreto de Sódio
- Cloreto de Estanho IV
- Cloreto de Potássio
- Cloreto de Estrôncio
- Cloreto de Lítio
- Ácido Clorídrico 20%
- Fenolftaleína
- Magnésio Metálico
- Ferro
- Zinco
- Cobre
- Sódio metálico
- Ácido Nítrico
- Hipoclorito de Sódio
- Iodeto de Potássio
- Ácido Ascórbico
- Metanol

**Procedimentos:**

- **Teste de Chama**

1. Em uma placa de petri, adicione uma pequena quantidade do sal a ser analisado.
2. Adicione a placa contendo o sal, 2 mL de metanol (*Cuidado!*)
3. Aproxime um fósforo aceso a mistura feita na placa de petri.
4. Verifique a cor que a chama adquire e anote.
5. Repita o teste com todos os sais.

- **Reatividade dos Metais com Água**

1. Numa placa de petri colocar água destilada até a metade e adicionar de 3 a 5 gotas de fenolftaleína (indicador ácido-base).

Cuidadosamente, com uma pinça, coletar um fragmento de magnésio e colocá-lo na placa em local seguro. Observe o que acontece com o metal. Anote suas observações.

2. Repetir o procedimento com o **sódio metálico** (*Cuidado!* Reação exotérmica! Pode haver liberação de chama).

- **Reatividade dos Metais com Ácidos**

1. Adicionar HCl 20% em 3 tubos de ensaio até 1/3 do volume de cada um.
2. Em cada tubo adicionar fragmentos de um dos seguintes metais: Magnésio, Zinco e Cobre.
3. Esperar alguns minutos e observar se ocorreram reações. A reação poderá ou não ocorrer dependendo da tabela de reatividade. Sugerir o tipo de reação de deslocamento em cada metal caso ocorra ou não.
4. Em outro tubo de ensaio, adicionar uma pequena quantidade de cobre metálico.
5. Na capela, adicionar HNO<sub>3</sub>. (Esse procedimento deverá ser realizado pelo professor)

- **Reatividade dos Ametais**

1. Em um tubo de ensaio colocar 1/3 de solução de cloro ativo (água sanitária).
2. Em seguida, com uma espátula, adicionar uma pequena quantidade de iodeto de potássio. Agitar. Anotar suas observações.
3. No mesmo tubo de ensaio, adicionar alguns cristais de ácido ascórbico (vitamina C). Verificar o que ocorreu e anotar as observações

**Anexos:**

- Anexo I – Tabelas de Dados
- Anexo II - Questionário
- Anexo III – Objetivos e Embasamento Teórico

**Atividade Prática:** Propriedades de Compostos Químicos

**Componente Curricular:** Química Prática (GRD-MAT-0502)

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:**

- Identificar as Diferenças de Solubilidade entre Compostos Químicos no mesmo Solvente e em Diferentes Solventes
- Testar a Polaridade de Diferentes Solventes
- Testar a Miscibilidade entre Solventes

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Balança Semi Analítica
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
- **Utensílios**
  - Papel Macio
  - Espátula
  - Grade para Tubo de Ensaio
  - Conta-gotas
  - Suporte Universal
  - Garra
  - Bastão de plástico (caneta estereográfica)
  - Flanela



- **Vidrarias**
  - Béqueres de 50 ou 100 mL
  - Tubos de Ensaio
  - Bastão de Vidro
  - Proveta de 10 mL
  - Bureta de 50 mL
  
- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
  - Sacarose
  - Hexametenotetramina
  - Cloreto de Sódio
  - Hidróxido de Bário
  - Hexano
  - Álcool Etilico
  - Água Destilada
  - Óleo
  - Iodo

**Procedimentos:**

- **Solubilidade de Sólidos em Água**
  1. Pese 1 grama de cada sólido da tabela abaixo e transfira cada um para um tubo de ensaio e observe suas características.

Sacarose
Hexametenotetramina
Cloreto de sódio
Hidróxido de bário

2. Adicione 3 mL de água destilada, agite bem o tubo e observe se o sólido é solúvel ou insolúvel.
- **Polaridade de Solventes**
    1. Monte três buretas de 50 mL em suporte universal e preencha com água destilada, etanol e hexano cada uma.
    2. Abra a torneira da bureta com água de modo a deixar correr um fio de água mais fino possível (um fio, e não gota a gota) de uma altura de aproximadamente de 10 cm entre o bico da bureta e a boca de um béquer de 100 ml.

3. Atrite um bastão de plástico (caneta esferográfica) contra uma flanela e chegue-a para bem próximo do fio de água (**sem encostar**). Observe.
4. Repita os itens 2 e 3 com o etanol e o hexano.

• **Miscibilidade de Líquidos**

1. Em tubos de ensaio, adicione 5 mL de cada reagente conforme tabela:

Tubo	Reagente 1	Reagente 2
1	Água	Etanol
2	Água	Hexano
3	Etanol	Hexano

2. Observe a formação de mais de uma fase ou não no tubo de ensaio.

• **Solubilidade de Compostos em Diferentes Solventes**

1. Em 9 tubos de ensaio, adicione os reagentes 1 e 2 conforme tabela:

Tubo	Reagente 1 (10 mL)	Reagente 2
1	Água	Óleo (1 mL)
2	Água	Cloreto de sódio (0,5g)
3	Água	Iodo (1 cristal)
4	Etanol	Óleo (1 mL)
5	Etanol	Cloreto de sódio (0,5g)
6	Etanol	Iodo (1 cristal)
7	Hexano	Óleo (1 mL)
8	Hexano	Cloreto de sódio (0,5g)
9	Hexano	Iodo (1 cristal)

2. Observe os solventes que solubilizaram o óleo e os solventes que não solubilizaram.
3. Observe o tempo de dissolução e a quantidade do sal que é solubilizado em cada solvente.
4. Observe os solventes que solubilizaram o iodo e os solventes que não solubilizaram.

**Anexos:**

- Anexo I – Objetivos, Embasamento Teórico e Referências

**Atividade Prática:** Preparo e Padronização de Soluções (Volumetria)

**Componente Curricular:** Química Prática (GRD-MAT-0502)

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:**

- Preparar Soluções
- Padronizar Soluções
- Encontrar o Ponto Final durante uma Padronização
- Pesagem de Sólidos

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamentos**
  - Balança Analítica
- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
- **Utensílios**
  - Suporte Universal
  - Papel Macio
  - Garra
  - Pissete
  - Espátula
- **Vidrarias**
  - 1 – Béquer de 100 mL
  - 3 - Béqueres de 50 mL
  - 1 - Bureta de 50 mL
  - 1 – Funil

- 1 – Balão Volumétrico 500 mL
  - 1 – Bastão de Vidro
  - 3 – Erlenmeyer de 250 mL
  - Conta gotas
- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
    - Água destilada ( $H_2O$ )
    - Hidróxido de Sódio ( $NaOH$ )
    - Biftalato de Potássio ( $KHC_8H_4O_4$ )
    - Solução Alcoólica de Fenolftaleína

**Procedimentos:**

- **Preparo da Solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol/L ( $NaOH$ )**
  1. Dissolver completamente uma quantidade de hidróxido de sódio (previamente calculado a fim de preparar 500 mL dessa solução) com água destilada em um béquer (Cuidado! Esta diluição é exotérmica).
  2. Com o auxílio de um funil transferir quantitativamente essa mistura para um balão volumétrico de 500 mL.
  3. Avolumar até o traço de aferição e homogeneizar a solução. Rotular a substância do balão.
- **Padronização da solução de hidróxido de sódio 0,1 M**
  1. Pese 0.4 g de biftalato de potássio num erlenmeyer de 250 mL anotando o valor exato de cada pesagem. Fazer triplicata
  2. Adicione água destilada até cerca de 100 mL a cada Erlenmeyer (incluindo a lavagem das paredes do mesmo desde o gargalo) e agite, cuidadosamente, para dissolver todo o sal e homogeneizar a solução.
  3. Adicione 2 a 3 gotas da solução do indicador fenolftaleína e titule a solução de  $NaOH$  previamente preparada, escoada de uma bureta de 50 mL, até o aparecimento do primeiro tom rosado persistente, o qual correspondente ao volume do ponto final ( $V_f$ ). Anote o volume gasto da solução de  $NaOH$ .

4. Com os dados da Tabela 1 do Anexo III, determine a concentração da solução do hidróxido de sódio em mol/L

**Recomendação:** A velocidade de escoamento não deve ultrapassar 0.5 ml/seg, ou seja, mantenha um gotejamento rápido da solução da bureta, diminuindo esta velocidade nas proximidades do ponto final.

Recomendações e procedimento para a obtenção do ponto final de uma titulação:

- Reconhece-se que o ponto final está próximo quando, ao acréscimo de uma gota da solução, ocorre o aparecimento do tom rosado na zona vizinha à da gota acrescentada; esse tom desaparece depois de 2 ou 3 movimentos circulares de agitação.
- Além disso, para maior exatidão, imediatamente antes do ponto final, deve-se acrescentar frações de gota, o que se faz deixando a gota formar-se parcialmente na ponta da bureta e então tocando-a na parede interna do erlenmeyer, lavando-se em seguida a parede com pequena porção de água destilada do pisete para assegurar que esta foi incorporada ao seio da solução.
- O ponto final é alcançado quando o tom rosado persistir.

**Anexos:**

- Anexo I – Embasamento Teórico
- Anexo II - Objetivos
- Anexo III – Tabela de Dados

---

**Atividade Prática:** Reações Químicas

**Componente Curricular:** Química Prática (GRD-MAT-0502)

**Ambiente de Atividade Prática:** Laboratório Didático de Química

**Habilidades:**

- Identificar e Classificar os Diferentes Tipos de Reações
- Verificar a Temperatura de uma Solução

**Equipamentos e Materiais:**

- **Equipamento de Proteção Individual (EPI)**
  - Jaleco
  - Luva
  - Óculos
- **Utensílios**
  - Pinça tesoura
  - Pinça madeira
  - Espátula
  - Termômetro
  - Bico de gás/lamparina
- **Vidrarias**
  - Pipeta graduada de 10,0 mL
  - Pipeta graduada de 5,0 mL
  - Béqueres de 100 mL
  - Proveta de 50 mL
  - Bastão de vidro
- **Produtos Químicos/Reagentes/Solventes/Solutos**
  - Solução de Iodeto de Potássio 10%

- Solução de Cloreto de Ferro III a 3%
- Solução de Nitrato de chumbo a 5%
- Solução de Hidróxido de Sódio a 10%
- Solução de Ácido Clorídrico 1 M
- Solução de Ácido Sulfúrico 20%
- Solução de Tiocianato de Amônio a 5%
- Solução de Amido 1%
- Carbonato de Cálcio
- Água Oxigenada

**Procedimentos:**

• **Reação 1**

- Em um béquer de 100 mL misture 30 mL da solução de nitrato de chumbo 5% e 30 mL de iodeto de potássio 10% ;
- Anote as mudanças observadas nesse momento;
- Leve a mistura para o aquecimento, misturando bem;
- Observe novamente o que ocorre;
- Deixe a mistura esfriar lentamente e fique misturando para ver o que acontece depois de algum tempo.

• **Reação 2**

1. Colocar em um tubo de ensaio 5,0 mL de solução de cloreto de ferro III a 3%.
2. Adicionar, a seguir, 1,0 mL de solução de hidróxido de sódio a 10%. Observar se houver formação de um precipitado, caso contrário, adicionar um pouco mais de base. Equacionar e classificar a reação. Indicar qual o composto insolúvel formado.

• **Reação 3**

1. Colocar em um tubo de ensaio, cerca de 1 g de carbonato de cálcio.
2. Adicionar 5 mL de ácido clorídrico 1 M. Observar. Anotar. Equacionar e classificar a reação.

- **Reação 4**
  1. Em um tubo de ensaio coloque 3 mL de ácido clorídrico 1 M.
  2. Adicione uma pequena quantidade de palha de aço. Observe.
  
- **Reação 5**
  1. Colocar 1 mL de solução de cloreto de ferro III a 3% em um tubo de ensaio.
  2. Adicionar 1 mL de solução de tiocianato de amônio a 5%. Agitar. Observar. Equacionar e classificar a reação.
  
- **Reação 6**
  1. Colocar 5,0 mL de solução de iodeto de potássio 10% em um tubo de ensaio.
  2. Adicionar 3,0 mL de ácido sulfúrico diluído. Agitar.
  3. Adicionar 3,0 mL de água oxigenada. Agitar.
  4. Adicionar 2 gotas de uma solução de amido. Observar. Anotar. Equacionar e classificar a reação.

**Anexos:**

- Anexo I – Tabela de Dados
- Anexo II – Questionário
- Anexo III – Objetivos, Embasamento Teórico e Referência