



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQCI



MIDIÃ DE LIMA SANTOS BERNARDINO

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO: “PÃO &
QUÍMICA: OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS EM SUA
PRODUÇÃO”**

ITABAIANA - SE

2022

MIDIÃ DE LIMA SANTOS BERNARDINO

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO: “PÃO & QUÍMICA:
OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS EM SUA PRODUÇÃO”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe – *campus* Professor Alberto Carvalho, como requisito para aprovação na atividade de Trabalho de Conclusão de Curso, conforme anexo VII da Resolução n. 27/2020 do CONEPE.

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Priscila de Barros.

Coorientadora: Profa. Dra. Ivy Calandreli Nobre.

ITABAIANA - SE

2022

MIDIÃ DE LIMA SANTOS BERNARDINO

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO: “PÃO & QUÍMICA:
OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS EM SUA PRODUÇÃO”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para cumprimento, conforme anexo VII da Resolução n. 27/2020 do CONEPE que aprova alterações no Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Química Licenciatura do Campus Universitário Professor Alberto Carvalho.

Área de concentração: Ensino de Química

Data de Aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora

Profª. Dra. Valéria Priscila de Barros (Orientadora)
Universidade Federal de Sergipe

Profª. Dra. Ivy Calandrelly Nobre (Coorientadora)
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Danilo Oliveira dos Santos
SEDUC-SE

DEDICATÓRIA

*“Dedico ao Senhor Jesus Cristo que é o Meu Deus,
Meu Ajudador e o Único Salvador.”*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus, O Senhor **Jesus Cristo** que me ajudou para que eu pudesse concluir essa etapa, tenho provado do seu amor e da sua bondade todos os dias da minha vida, TE AMO JESUS!

Aos meus pais, José Wilson e Luciene que sempre acreditaram em mim, sempre me incentivaram com palavras e ações! Vocês são as pessoas mais importantes da minha vida, AMO VOCÊS!

Aos meus irmãos Alexandre e Rebeca; Marcos e Jéssica por me ajudarem em orações, palavras e recursos.

A minha orientadora Profa. Dra. Valeria Priscila de Barros e a minha coorientadora Profa. Dra. Ivy Calandrelli Nobre, pelas orientações e todo aprendizado.

A Profa. Dra. Renata Cristina Kiatkoski Kaminski, pois no primeiro período quando eu pensei em desistir, me incentivou a continuar no curso e disse: *“Ainda vou aplaudir de pé sua formatura, não desista!”*

A Profa. Me. Nirly Araújo dos Reis, ao Prof. Dr. João Paulo Mendonça de Lima, ao Prof. Dr. Danilo Oliveira Santos (SEDUC), a Profa. Dra. Heloisa de Mello e a Profa. Dra. Edineia Tavares Lopes, por todas as palavras de encorajamento, também agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos e o Prof. Dr. Moacir dos Santos Andrade, pelas ajudas!

As minhas irmãs em Cristo Mara, Lismara, Milena, Rianny, Talita, Letícia, Kelly e Érica, pelas orações e irmandade de sempre! Aos meus amigos: Jônatas Bessa, Jonathan Alves, Charles Brito, Rebeca Oliveira, Carlinha, Beatriz e Grazi, gratidão demais a vocês!

Aos guerreiros da minha turma que foram até o fim nesse desafio chamado graduação: Edilane, Lucas, Ane Victória, Danilo, Evanilson, Elisson, José Luanderson, Mylena, Simone, Gabriel, Tamires e Thaynara (in memoriam).

Aos professores do Departamento de Química da UFS de Itabaiana-SE (DQCI) que contribuíram com seus conhecimentos para a minha formação.

A todos que acreditaram em mim!

EPÍGRAFE

“O livro paradidático é como aquele amigo que divide com a gente o conhecimento que possui em determinada área”.

(BERNARDINO, 2022)

RESUMO

O livro paradidático é um material complementar no processo de se ensinar conteúdos de variadas séries e níveis de ensino. Ele possui características que contribuem na aprendizagem, como por exemplo a contextualização de temas, tendo em vista explorar assuntos específicos de maneira didática. Quando se aborda conteúdos de forma contextualizada, segundo Scafi (2010) o ensino e aprendizagem é beneficiado, pois, a associação de temas do cotidiano com conteúdo, permite uma compreensão melhor do que está sendo abordado em sala de aula. Os livros paradidáticos contemplam diversas áreas de conhecimento, sendo considerado uma proposta interdisciplinar. Um desses campos de conhecimento é a Química. Como afirma Silva e Carneiro (2019) que fala que a utilização deles facilita o entendimento sobre conteúdos químicos. Partindo dessa perspectiva, este trabalho elaborou um livro paradidático com conteúdos químicos explanados a partir da temática “pão”. Essa temática é interessante, pois fala de um alimento que está presente na história da humanidade e até hoje é consumido (Colares et al., 2017). Sua produção pode ser feita usando quatro ingredientes, os quais são: farinha de trigo, água, sal e fermento biológico. A partir da junção deles vários processos químicos são desencadeados, os quais foram pontuados no livro paradidático intitulado “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”, que foi produzido neste trabalho. Para sua elaboração foram realizadas leituras de artigos disponíveis nos portais Química Nova na Escola e Oasisbr. Após isso, foi iniciado o processo de escrita, sendo em seguida validado por meio de um questionário que foi enviado para professores do departamento de química da Universidade Federal de Sergipe. As respostas obtidas foram analisadas e serviram de dados para esta monografia. A fim de facilitar a análise dos dados, elaborou-se sete categorias as quais foram: Uso do livro paradidático em sala de aula; Coerência e Didática dos conteúdos; Leitura; Interdisciplinaridade; Recomendação; Relevância; Sugestão. A primeira foi “Uso do livro paradidático em sala de aula”, os resultados obtidos nela mostraram que o material possui potencial para ser utilizado em sala de aula. Como afirma Faria (2018) que diz que o livro paradidático deve ser usado para complementar a aula. Em “Coerência e Didática”, observou-se que o conteúdo explanado no livro era coerente e didático, isso concorda com o que Paulucio e Carvalho (2019) e Campello e Silva (2018) afirmam dizendo que os conteúdos precisam ser coerentes. Em “Leitura”, analisou-se que o material é compreensível. De acordo com Rodrigues (2015) o livro deve ser claro. Na “Interdisciplinaridade”, foi analisado que o material pode ser usado em conjunto com outras áreas do conhecimento. Na “Recomendação”, foi pontuado que os avaliadores, recomendariam a utilização do material. Já a categoria “Relevância”, mostrou que tem significância para contribuir no ensino de química. Em “Sugestões”, foram apresentadas as contribuições dos avaliadores para melhorar ainda mais o livro elaborado. Por fim, com a produção e análise deste livro paradidático, concluiu-se que ele possui atributos que o tornam utilizável como material de apoio para abordar conteúdos químicos de forma contextualizada a partir do tema pão.

PALAVRAS-CHAVE: Livro paradidático; Contextualização; Química, Pão.

QUADROS

Quadro 1 - Questionário para análise do livro paradidático.....	26
Quadro 2 - Uso do livro paradidático em sala de aula.....	28
Quadro 3 - Coerência e Didática dos conteúdos químicos.....	30
Quadro 4 - Leitura.....	31
Quadro 5 - Interdisciplinaridade.....	32
Quadro 6 - Recomendação.....	32
Quadro 7 - Relevância.....	32
Quadro 8 - Sugestões.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específico	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1. A importância da leitura	15
3.2. Livro paradidático	15
3.3. A química do pão	19
3.3.1. A química presente nos ingredientes	19
3.3.2. A química nas etapas de produção do pão	22
3.3.2.1. Pesagem	22
3.3.2.2. Mistura	22
3.3.2.3. Sova e Fermentação Principal	22
3.3.2.4. Divisão, Boleamento e Modelagem	26
3.3.2.5. Fermentação secundária	27
3.3.2.6. Cocção	27
3.3.2.7. Resfriamento	28
3.3.2.8. Embalagem e Estocagem	29
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
4.1. Contexto da pesquisa	30
4.2. Participantes da pesquisa	30
4.3. Instrumento de coleta de dados	30
4.4 Aplicação	31
4.5 Instrumento de análise de dados	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6. CONCLUSÃO	39
7. REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE - Livro Paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”	45
ANEXO I - Termo de Consentimento de Participação	91

1. INTRODUÇÃO

Os livros são instrumentos utilizados por professores e alunos para a obtenção de conhecimentos (VIEIRA, 2015). Eles podem ser classificados em didáticos e paradidáticos. Enquanto o livro didático segue a grade curricular, o livro paradidático explora temáticas transversais à grade curricular (PAULUCIO e CARVALHO, 2019).

A estrutura do livro paradidático diferentemente do livro didático, apresenta apenas uma temática geradora por livro, traz uma abordagem interdisciplinar, o que permite sua utilização em diversos campos de conhecimento, possui poucas páginas, muitas ilustrações, formatação diferenciada dos livros didáticos (MELO, 2004).

O livro paradidático serve como material complementar para se ensinar conteúdos de variadas séries e níveis de ensino. Ele faz a contextualização de temáticas, articulando-as a atributos lúdicos, tendo em vista explorar os assuntos de maneira didática. Dessa forma, desperta no aluno o interesse pela leitura, contribuindo assim em seu processo de ensino-aprendizagem (PAULUCIO e CARVALHO, 2019).

O processo de ensino-aprendizagem de cada aluno é influenciado pela forma como os conteúdos são abordados. A contextualização de temáticas pode ser uma alternativa considerada uma estratégia metodológica para cooperar no ensino, pois estabelece relação entre temáticas do cotidiano do aluno com o conteúdo educativo, isto é, faz uma aproximação do conhecimento ensinado em sala de aula com a vivência do aluno, gerando assim o desejo por aprender (SCAFI, 2010).

De acordo com Mortimer (2003) para a aprendizagem ocorrer é necessário a compreensão de significado, o que pode ser feito por meio de experiências da vivência do aluno. Dessa maneira, o professor pode contextualizar suas aulas através de associar o conteúdo em foco com situações encontradas no cotidiano dos alunos. Além disso, pode acrescentar questões políticas, sociais e econômicas para explicar o conteúdo (SANTOS; SILVA; SILVA, 2012).

Contextualizar aulas acrescentando temáticas como questões sociais, políticas e econômicas é importante, pois incentiva o aluno a ser protagonista não somente em seus estudos, mas também na tomada de decisões que terá de fazer ao longo de sua vida. Dessa forma, é fundamental apropriar-se de metodologias de ensino a fim de articular bem o conhecimento teórico com a realidade do aluno (ADAMS e NUNES, 2022).

Essa articulação é fundamental na formação e construção do conhecimento do aluno, o qual será útil dentro e fora da escola. Tendo em vista a importância que há na

contextualização de temáticas, este trabalho buscou elaborar um livro paradidático intitulado de “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”. Neste material foi contextualizado o ensino de conteúdos químicos a partir da temática pão, que é um alimento presente na vida do ser humano desde o tempo das antigas civilizações (SANTOS e CUNHA, 2011).

Por meio da temática pão é possível explicar diferentes conteúdos químicos trabalhados em sala de aula, de maneira mais facilitada para a compreensão (SANTOS; SILVA; SILVA, 2012). A química pode ser abordada tanto através do estudo dos ingredientes que compõem o pão como também pelo entendimento das suas etapas de produção (CANELLA-RAWLS, 2003).

Essas etapas consistem em Pesagem de ingredientes; Mistura; Sova e Fermentação Principal; Divisão; Boleamento; Modelagem; Fermentação Secundária; Cocção; Resfriamento; Embalagem e Estocagem (CANELLA-RAWLS, 2003). Através do estudo aprofundado delas, podem ser compreendidos diversos conteúdos químicos.

Além disso, a partir das características que o pão adquire ao passar pelas etapas de produção, isto é, seu aspecto, seu sabor, sua textura, maciez, cor, entre outros, também podem ser usados para explicar conteúdos químicos. Ligações químicas; as propriedades da massa (FARIA e RIBEIRO, 2010), substâncias (água, proteínas, lipídios e carboidratos, fibras e amido) entre outros assuntos podem ser compreendidos (CANELLA-RAWLS, 2003).

Partindo da importância que há na contextualização de temas do cotidiano para se aprender conteúdos químicos, esse trabalho refere-se a análise do livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção” o qual foi produzido com o foco de abordar de forma contextualizada conteúdos químicos que podem ser estudados a partir dos ingredientes e das etapas de produção do pão.

Assim, a questão norteadora deste trabalho busca entender qual a potencialidade que este o livro paradidático produzido possui, que pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos químicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Produzir um livro paradidático intitulado “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”;

2.2. Objetivos específicos

Analisar a potencialidade do livro produzido, para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos químicos em sala de aula.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Importância da Leitura

Ler é uma consequência da necessidade que o ser humano exprime de se comunicar, possibilita mergulhar em um mar de conhecimentos e descobrir coisas novas. Além de permitir experimentar emoções advindas da exposição a alguma leitura (TALEFE, 2014).

O exercício da leitura proporciona a quem o realiza, conhecimento sobre diferentes áreas e traz atualização sobre o mundo (BUTTINI et al., 2016). Para a educação, a leitura é essencial pois permite que professores melhorem suas práticas educativas, tornando-as mais significativas. Além disso, contribui na percepção e compreensão, sendo fundamental na transmissão de informação (SEVIERO, 2017).

Ler também ajuda a vencer complicações cognitivas e coopera na interpretação de textos, podendo ser uma ferramenta estratégica com potencial para auxiliar no desenvolvimento de metodologias para o ensino (IVANOFF, 2017).

3.2. Livro paradidático

O ato de ler causa reflexões nos alunos contribuindo no desenvolvimento de competências que o orientem a se posicionar na sociedade de maneira crítica (ANDRADE, 2016 e VIEIRA, 2015). Dessa forma, o aluno vai sendo preparado para a tomada de decisões, pois, com a prática da leitura ele vai ampliando cada vez mais seus conhecimentos acerca do mundo. Com o objetivo de instigar o aluno a permanecer cultivando essa prática de ler, o livro paradidático tem sido uma alternativa relevante.

O livro paradidático serve como um material complementar para auxiliar na abordagem de algum conteúdo específico, de alguma área de conhecimento. Para Faria (2018) eles podem ser usados para contribuir em aulas de química. De acordo com os teóricos Paulucio e Carvalho (2019), os livros paradidáticos causam no aluno o desejo pela leitura, cooperando assim na compreensão dos conceitos ensinados (RODRIGUES, 2015). Assim, ele é considerado uma ferramenta pedagógica que tem potencial para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de alunos (FARIA, 2018).

Ele pode ser utilizado como instrumento juntamente com o livro didático (FLORENTINO, 2017). Além disso, sua utilização em sala de aula pode contribuir

deixando a aula mais dinâmica, contribuindo para que haja uma aprendizagem com maior eficácia (FARIA, 2018).

Como afirma Assis (2005) os livros paradidáticos incentivam a leitura e interpretação de textos, despertam a imaginação, e melhoram a compreensão do entendimento de conceitos, pois articulam aspectos científicos, sociais e tecnológicos, com os conteúdos. Para Campello e Silva (2018) esses livros devem conter informações que promovam o interesse do aluno tornando o tema mais interessante. Isto é, devem trazer uma abordagem contextualizada.

A contextualização de temáticas é algo explorado no livro paradidático. De acordo com Rodrigues (2015) esse livro faz uma articulação de diferentes conceitos científicos com a vivência do aluno, funcionando como um mediador para a compreensão dos conteúdos.

Neste processo, o professor é um sujeito ativo que contribui para que o aluno possa compreender conceitos, ele é o responsável por adotar medidas que promovam a conexão dos conteúdos com a realidade do aluno. Uma dessas medidas é a utilização de livros paradidáticos em sala de aula (SILVA e CARNEIRO, 2019). Através desses livros, o professor ajuda o aluno a perceber que a ciência está presente em seu dia a dia.

Segundo Silva e Carneiro (2019) os estudantes aprendem melhor os conteúdos através do uso de livro paradidático, o qual é usado como recurso pedagógico facilita o entendimento de conteúdos de química.

A estrutura deste livro faz dele um material pedagógico significativo, que contribui na apropriação de saberes específicos, podendo abordar conteúdos de disciplinas de diferentes áreas do conhecimento (GATINHO, 2020). Enquanto o livro paradidático se aprofunda em um assunto, o didático aborda uma gama de assuntos. Assim, esses materiais podem ser trabalhados de maneira interconectada um ao outro, ao invés de ser um substituto do outro (GATINHO, 2020).

Nessa perspectiva, o livro didático pode ser usado para explicar o conteúdo de forma mais geral, enquanto o livro paradidático se associa com ele, possibilitando ao professor a chance de ir além do que é mencionado no livro didático, colaborando no processo de ensino-aprendizagem (GATINHO, 2020). Como afirma Silva (2017) a sala de aula é uma caixinha de surpresa, assim cabe ao professor elaborar um planejamento

que favoreça o ensino-aprendizagem dos alunos. Para isso, se apoderar de recursos como livros paradidáticos, é de essencial importância.

Esse recurso chamado livro paradidático possui baixo custo, em relação a outros livros usuais isso facilita a sua obtenção e utilização como estratégia para ensinar conteúdos. Além disso, tem uma linguagem clara e de fácil compreensão, que se apropria de diversos recursos linguísticos e imagéticos, isto é, mapas, fotografias, tirinhas (FERREIRA, 2021).

Esses atributos tornam o livro paradidático, um instrumento que contribui para o entendimento de conteúdos de diferentes áreas do conhecimento, uma dessas áreas é a Química, a qual é considerada uma ciência empírica, que estuda a composição, a estrutura, as propriedades da matéria, as mudanças que ela passa devido às reações químicas que ocorrem, além disso, busca-se entender sobre a energia (SILVA e CARNEIRO, 2019).

Tendo em vista a complexidade desses assuntos, que é explanada por Lima (2012), muitas pesquisas revelam que os alunos possuem bastante dificuldade na compreensão de conteúdos da área da química, sendo necessárias estratégias para tornar a aprendizagem tão eficiente como possível. Para isso, a utilização de livros paradidáticos na área de química tem como proposta auxiliar no ensino, tornando a abordagem de conteúdos químicos, algo simples e compreensível (SILVA e CARNEIRO, 2019).

Já existem disponíveis na literatura livros paradidáticos que trazem abordagem de conteúdos químicos, alguns exemplos deles são: “A Colher que Desaparece”; “Os Botões de Napoleão: As 17 moléculas que mudaram a história”; “O que Einstein disse a seu cozinheiro: a ciência na cozinha”. Esses exemplares explicam de forma contextualizada fenômenos químicos. De acordo com a pesquisa feita por Silva e Carneiro (2019), em que foi usado o livro paradidático “O que Einstein disse a seu cozinheiro: a ciência na cozinha” para se aprender conteúdos químicos, a maioria dos estudantes afirmou que facilitou o entendimento sobre a química.

Assim, o livro paradidático é uma possibilidade de recurso pedagógico que ao ser usado pelo professor contribui facilitando o entendimento de química como ciência (SILVA e CARNEIRO, 2019). Dessa forma, os estudantes vão se apropriando do fazer científico, ou seja, aprendendo a elaborar dados, considerar fontes e produzir conhecimento. Assim, a leitura do livro paradidático proporciona que o estudante não somente se aproprie de conhecimentos científicos como, por exemplo, na área de química,

mas, também forma o aluno enquanto cidadão, tornando-o crítico, criativo, reflexivo (SENA, 2019).

De acordo com Fernandes (2019) é possível articular assuntos da ciência com problemáticas sociais, ou tecnologias para buscar uma qualidade de vida melhor. Enfatizar temáticas do cotidiano relacionando de forma contextualizada com conteúdos químicos possibilita que muitas pessoas se envolvam com os assuntos apresentados. Para Laguna (2001) o livro paradidático pode atingir variados públicos, promovendo uma popularização da leitura, que é uma prática que tem se tornado insuficiente. Assim, além de ativar a leitura, possibilita a ampliação da sua capacidade de percepção crítica e de reflexão.

Além disso, quando o livro paradidático possui uma boa contextualização com assuntos do cotidiano, despertará a vontade em públicos que não façam parte do âmbito escolar, para que se interessem pela leitura (FERNANDES, 2019). Quando o interesse pela leitura é despertado, a aprendizagem tende a ocorrer.

A aprendizagem é importante, pois através dela se tem a oportunidade de ampliar a visão de mundo (BUTTINI et al., 2016). Para se ter um entendimento maior sobre o mundo, é necessário também se ter uma compreensão dos fenômenos que ocorrem no dia a dia, isto pode ser abordado através da química, pois ela está presente todos os dias, e em todos os lugares, sendo considerada como uma ciência central (COLARES et al., 2017).

Apesar da química se fazer presente na vivência das pessoas, muitas não conseguem percebê-la, por isso é preciso ser abordada através de temáticas contextualizadas para ser de fato compreendida. Uma das temáticas que permite explorar vários conteúdos químicos é a produção de pães (COLARES et al., 2017).

3.3. A química do pão

A temática pão é interessante porque faz parte da história da humanidade. Ele é um alimento que vem sendo consumido ao longo de gerações (SANTOS E CUNHA, 2011). Através do estudo dos seus ingredientes constituintes, e da sua produção é possível aprender química (COLARES et al., 2017). Para explicar sobre a química presente nos ingredientes essenciais para a produção do pão, foi elaborado o tópico a seguir.

3.3.1. A química presente nos ingredientes

A presença do ingrediente água na produção do pão torna o meio úmido, contribuindo para que as atividades fermentativas e enzimáticas que são essenciais no processo ocorram (AQUINO, 2012).

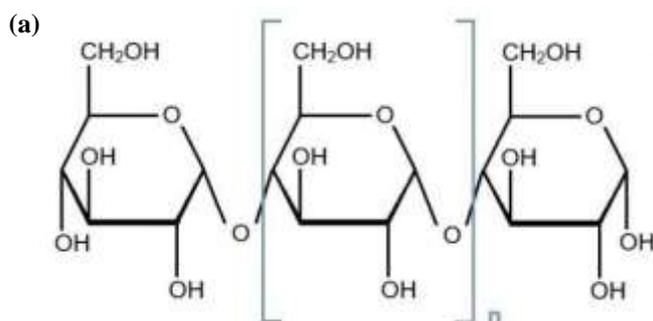
A água tem a função de solvente e faz com que ocorra uma distribuição uniforme dos ingredientes da massa, dilui os componentes hidrófilos e hidrata as proteínas presentes na farinha de trigo. Dessa forma auxilia o desenvolvimento do glúten (MATTOS, 2010). A quantidade de água que é adicionada durante a produção do pão, deve estar correta, porque se for insuficiente, a hidratação do glúten não será satisfatória para promover a elasticidade na massa do pão (AQUINO, 2012).

O ingrediente farinha de trigo também é essencial na produção do pão. Na sua constituição são encontrados açúcares, que podem surgir da maltose procedente da atividade enzimática deles. Esses compostos atuam nas características organolépticas, que o pão irá apresentar (RODRIGUES, 2012).

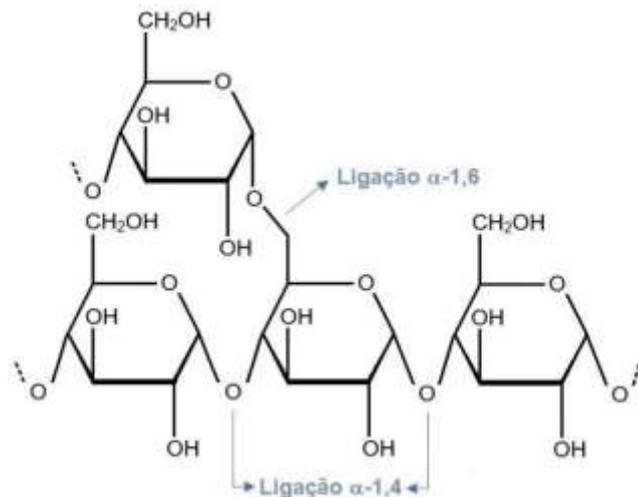
Outro componente da farinha de trigo, é o amido que é o carboidrato majoritário presente em sua composição, atua como um gerador de energia. A forma que é encontrado é em grânulos (BARROS, 2015). O amido é composto pela amilopectina e a amilose, que são polissacarídeos (DIAS, 2008).

A amilose é um polímero de estrutura linear que se forma devido porções de glucopiranoose com ligações glicosídicas entre elas (LACOVSKI et al., 2019). Já a amilopectina é um polímero ramificado que sofre quebra pela enzima alfa-amilase (DIAS, 2008). Tanto a amilose quanto a amilopectina são polissacarídeos que influenciam os aspectos do pão (BARROS, 2015).

Figura 1. (a) estrutura molecular da amilose; (b) estrutura molecular da amilopectina



(b)



Fonte: (BOTÃO, 2020)

Além disso, é no trigo que são encontradas as proteínas formadoras do glúten, que são as gliadinas e gluteninas (MANDARINO, 1994). A glutenina é quem concede à massa a elasticidade, enquanto as gliadinas proporcionam a extensibilidade (NASCIMENTO, 2008).

A estabilidade dessas proteínas ocorre por meio das ligações de hidrogênio. As gluteninas se estabilizam devido às ligações de hidrogênio entre as amidas que estão inseridas na glutamina com outros radicais. São sensíveis as pontes dissulfeto e as interações hidrofóbicas. Já as gliadinas se estabilizam por pontes dissulfeto intramoleculares (NASCIMENTO, 2008).

Ao juntar as proteínas gliadinas com as gluteninas em água, e realizar um trabalho de ação mecânica, promove ligações fazendo com que o glúten seja originado aos poucos. O gás carbônico formado durante a fermentação, fica retido nele (NASCIMENTO, 2008). A presença desses componentes na farinha de trigo permite que ela seja muito útil para a panificação, pois o seu cereal desenvolve uma massa viscoelástica da qual se produz o pão.

O ingrediente sal na produção do pão é indispensável para conceder sabor e auxiliar no processo de fermentação. Os íons Na^+ e Cl^- proveniente do cloreto de sódio relacionam-se com aminoácidos que estão cheios de glúten, dessa forma, torna a interação potente, estabilizando melhor as proteínas (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Além disso, o cloreto de sódio por meio da combinação das pontes salinas com as proteínas contribui na redução da fermentação (BENASSI e WATANABE, 1997). O sal também controla a atividade das leveduras para que a fermentação não ocorra de forma muito acelerada. Ele reduz a degradação do açúcar, e possui a função de fixar a umidade, pois possui propriedades higroscópicas, assim, coopera para que o pão fique macio ao mesmo tempo em que possua dureza (SANTOS e PRATA, 2018).

O cloreto de sódio promove clareamento deixando o miolo do pão com a coloração branca e concedendo também cor na crosta do pão. Sem a adição dele, a massa seria pegajosa e quebradiça, ficando sem volume e consistência (CANELLA-RAWLS, 2003).

Outro ingrediente essencial na produção do pão é o fermento biológico, o qual é composto por leveduras que são fungos. A levedura presente é denominada *Saccharomyces cerevisiae*, ela se desenvolve em uma temperatura entre 20 e 30°C.

No fermento biológico as leveduras contidas, consomem os açúcares simples como glucose e frutose que se encontram na farinha. Após a quebra desses açúcares simples, as enzimas alfa-amilases facilitam a quebra dos grânulos de amido (SILVA e FRÍSCIO, 2021) convertendo-o em substrato para a levedura, à medida que a fermentação ocorre (AQUINO, 2012).

Além dos ingredientes essenciais, também podem ser inseridos outros para deixar o pão ainda mais saboroso. Os óleos vegetais como o de soja; girassol; milho; canola; oliva, evidenciam aspectos de dureza e maciez no pão (RICHTER, 2019).

O ovo, quando inserido agrega mais valor nutritivo, mais sabor e cor, ajudando a estruturar a massa do pão. A manteiga, também é um ingrediente não essencial, mas, quando é inserida na produção do pão, atua proporcionando mais sabor ao pão (RICHTER, 2019).

3.3.2. A química presente nas etapas de produção do pão

Figura 2. Etapas de produção do pão



Fonte: Autoria Própria

3.3.2.1. Pesagem

A pesagem dos ingredientes é a etapa inicial na produção do pão. Para um resultado excelente é preciso que os ingredientes estejam em proporções corretas para que a massa venha se formar (VIANA; GERALDINA; DITTRICH, 2012). Para isso, realizam-se medições, sejam elas feitas por massa ou volume (CANELLA-RAWLS, 2003).

3.3.2.2. Mistura

Todos os ingredientes são misturados, para isso, emprega-se uma energia que é gerada através de um esforço mecânico (AQUINO, 2012; FARIA e RIBEIRO, 2010). Aos poucos vai sendo iniciado o desenvolvimento do glúten, devido à presença das ligações de hidrogênio. Assim, a massa vai ficando consistente (FARIA e RIBEIRO, 2010). A massa vai adquirindo uma viscosidade, mas ao final torna-se firme e homogênea (BENASSI e WATANABE, 1997). A Equação 1, demonstra a reação química que ocorre neste processo.

Equação 1. Metabolização dos açúcares realizada pela *Saccharomyces cerevisiae*.



Os produtos liberados neste processo de metabolização dos açúcares são: gás carbônico e etanol, os quais ficam aprisionados na massa (SILVA E FRÍSCIO, 2021).

3.3.2.3. Sova e Fermentação principal

A sova é o processo de comprimir a massa várias vezes (VENQUIARUTO et. al., 2011). Neste período ocorre a reação das proteínas presentes na farinha de trigo, as quais auxiliam no desenvolvimento do glúten (CAUVAIN e YOUNG, 2009). Essas proteínas são essenciais para que a massa do pão possua características como a elasticidade, podendo ser levedada de forma simples, chegando a um tamanho grande (RAGUZZONI, 2007).

A levedura do fermento biológico leva em torno de 45 minutos para que, em condições ideais de temperatura e pH do meio, inicie a fermentação (ALMEIDA, 2015). O pH deve ser considerado devido a formação de ácido que ocorre na fermentação. Dentro dos parâmetros adequados o glúten vai se expandindo, adquirindo consistência, maciez e textura para a massa (CÉSAR et al., 2006).

Nesta etapa as moléculas de gliadinas e gluteninas vão interagindo contribuindo também para o crescimento do glúten (VENQUIARUTO, et. al., 2011). As propriedades reológicas dele são diretamente influenciadas pela qualidade e quantidade dessas proteínas (RAGUZZONI, 2007). Dessa maneira o glúten vai adquirindo mais características (VENQUIARUTO, et. al., 2011).

Uma dessas características obtidas é a elasticidade, ela é ocorre por meio da fração de proteína glutenina. Enquanto a viscosidade é obtida por causa da gliadina. A viscosidade faz com que a massa se desenvolva, enquanto a elasticidade permite que a massa aguente a fermentação e a pressão do amassamento (RAGUZZONI, 2007).

O glúten é uma proteína natural (CUNHA, 2017) que vai sendo formado, ele possui aminoácidos nas cadeias proteicas das gluteninas. Esses aminoácidos são denominados cisteína e cistina e são essenciais para a estrutura extensiva e elástica do glúten (AQUINO, 2012).

A cisteína forma pontes dissulfeto, auxiliando na estrutura tridimensional das proteínas (FARIA E RIBEIRO, 2010). Ela também auxilia no desempenho do glúten. Forma ligações dissulfeto intramoleculares na proteína, porém entre as proteínas, pode formar ligações intermoleculares (RAGUZZONI, 2007).

As pontes dissulfeto dos aminoácidos das cisteínas, que estão nas proteínas gluteninas, necessitam ser quebradas para que não impeçam o processo da massa de se tornar elástica. Com o rompimento das pontes ocorre a reação de troca que define a ação do sistema de óxido-redução presente na farinha de trigo (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Nesta etapa as enzimas do tipo alfa (α) amilases e beta (β) amilases presente na farinha de trigo, promovem a ruptura do amido. Este amido fornece açúcar para o fermento (CANELLA-RAWLS, 2003). Açúcares como maltose e glicose surgem fazendo com que a levedura *Saccharomyces cerevisiae* libere gás carbônico e etanol como produtos.

O etanol contribui no aroma do pão, porém, como ele é evaporado, o odor do álcool não é sentido no pão. As enzimas alfa-amilases ajudam na quebra do amido (ALMEIDA, 2015) e nos atributos que contribuem para a qualidade do pão, pois intensificam a extensibilidade da massa e reduzem a elasticidade (QUEJI; SCHEMIN; TRINDADE, 2006).

Outras enzimas também operam, são as proteases, responsáveis por romper as proteínas do glúten, dão elasticidade para a massa e absorvem água (FARIA E RIBEIRO, 2010).

A estrutura do glúten é covalente, mas é sobreposta por ligações não covalentes que cooperam na agregação da proteína ao glúten, contribuindo assim nas propriedades e na estrutura da massa do pão (RAGUZZONI, 2007).

Essas ligações não covalentes são ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio (que podem ser percebidas nas proteínas do glúten, no esmorecimento da massa por agentes que rompem as pontes) e as ligações iônicas as quais são notadas pelo efeito reforçador do composto (NaCl) (RAGUZZONI, 2007).

O NaCl também tem participação na formação do glúten, porque como a proteína gliadina tem baixa solubilidade em meio aquoso com NaCl, então, a massa formada com as substâncias água e sal, tende a gerar uma maior quantidade de glúten com fibras curtas, pelo fato de às forças de atração eletrostáticas que ocorrem na massa com sal (AQUINO, 2012).

Neste período de fermentação, ocorre a expansão da massa, devido a produção de bolhas de gás de dióxido de carbono (CO_2) que são liberados dentro dela (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Na fermentação, também ocorre a atuação das leveduras, oriundas do amido da farinha de trigo. Elas atuam sobre os açúcares disponíveis, transformando-os em álcool etílico e gás carbônico (CUNHA, 2012).

Devido à presença deste gás carbônico produzido, quando a massa é inserida no calor, ela se expande, tornando-se leve e porosa (SULZBACH et al., 2015).

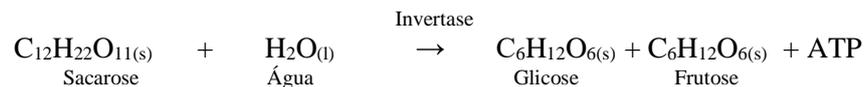
É preciso mencionar que a fermentação deve ocorrer em uma temperatura de 20° a 38°C para que a levedura *Saccharomyces cerevisiae* gere a reação bioquímica que transforma a glicose (C₆H₁₂O₆) em gás carbônico (CO₂) (VENQUIARUTO et al., 2011).

Ao quebrar a molécula de glicose em duas moléculas de piruvato, obtém-se o CO₂ e o etanol (C₂H₅OH). O etanol faz parte do grupo alcoóis, visto que, em sua composição há a presença de carbonos saturados ligados a uma hidroxila (FARIA E RIBEIRO, 2010).

A reação química do processo de fermentação, há a atuação de enzimas catalisadoras, que aparecem devido a presença da levedura *Saccharomyces cerevisiae* com o açúcar (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Essas enzimas são chamadas de invertase e zimase. Inicialmente surge a invertase na reação (Equação 2) de hidrólise da sacarose e depois a enzima zimase aparece para catalisar a reação de glicose e frutose em etanol (FARIA E RIBEIRO, 2010). As reações químicas na fermentação podem ser representadas pelas equações 2 e 3.

Equação 2. Hidrólise da sacarose através da enzima invertase.



A sacarose quando combinada com a água sob ação da enzima invertase, formam os produtos glicose e frutose. A partir deles e da presença da enzima Zimase, ocorre a reação química de catálise da glicose, formando o gás carbônico, o álcool etílico e energia (FARIA e RIBEIRO, 2010). A Equação 3, representa o processo.

Equação 3. Reação de catálise da glicose e frutose a partir da hidrólise da sacarose.



Para que essas reações químicas ocorram, é preciso que observe a temperatura. De acordo com Almeida (2015) ela precisa ser em torno de 30°C para que as reações do processo de fermentação ocorram rapidamente (ALMEIDA, 2015). Entretanto, para os teóricos Venquiaruto et al., (2011) é normal a temperatura ser de 33°C, mas, caso ela reduza para 20°C não contribuirá para a fermentação acontecer. Se a temperatura

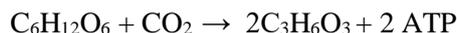
aumentar acima de 33°C, as enzimas presentes na levedura podem ser inativadas (ALMEIDA, 2015).

Outro parâmetro que deve ser considerado é o pH do meio. O pH na massa não fermentada fica em torno de 6,2 (BENASSI e WATANABE, 1997). Porém, no processo de fermentação ele varia de 4 a 6. Dessa forma, as leveduras metabolizam os açúcares, produzindo dióxido de carbono, etanol e outros componentes voláteis (ALMEIDA, 2015).

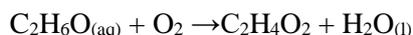
Na fermentação ocorre também a formação de ácidos orgânicos, que aumentam a acidez da massa e diminuem o pH do meio para 4,5. Dessa forma, contribui para a hidratação do glúten, nas reações de oxidação e redução e na velocidade de atuação da enzima (ALMEIDA, 2015).

Essa acidez é devido a farinha conter bactérias do ácido lático, as quais fermentam (Equação 4) a glicose, produzindo ácido lático, que é responsável pela redução do pH da massa, e pela transformação (Equação 5) do álcool em ácido acético.

Equação 4. Glicose sendo convertida em ácido lático



Equação 5. Etanol reage com oxigênio e forma ácido acético e água



Além da presença dos ácidos orgânicos, há também os álcoois, cetonas, ésteres, éteres, hidrocarbonetos, compostos de enxofre, aldeídos e outros compostos que contribuem no aspecto do pão, como sabor e aroma (ALMEIDA, 2015).

3.3.2.4. Divisão, Boleamento e Modelagem

Nesta etapa a massa é repartida em tamanhos uniformes (AQUINO, 2012). A divisão pode ser feita manualmente, com espátulas, ou divisoras especializadas para isso. O intuito desta etapa é deixar os pães no mesmo padrão de tamanho. Estabelecimentos comerciais tendem a se atentar muito nesta etapa, tendo em vista que trabalham com produção em série (RICHTER, 2019).

Após a etapa de divisão, a massa irá para o boleamento para ser boleada com as mãos por diversas vezes, adquirindo assim um formato redondo (RICHTER, 2019). Nesta etapa vai sendo gerada uma película em volta da massa, por conta do estiramento do glúten que está na parte externa da massa, assim ocorre a retenção do gás que é produzido ao decorrer da fermentação (CANELLA-RAWLS, 2009).

Ao finalizar o boleamento, a massa fica em descanso por 15 minutos, assim o glúten vai ficando cada vez mais relaxado, tornando a massa mais coesa, contribuindo para a modelagem (RICHTER, 2019).

A modelagem pode ser feita de maneira manual ou por meio de alguma modeladora mecânica (RICHTER, 2019). Ela é realizada com certa velocidade a fim de evitar perda de umidade e a excessiva fermentação. Assim, modela-se a massa no formato de pão que se deseja obter como resultado, seja baguetes, filão, redondo ou outros modelos (RICHTER, 2019).

3.3.2.5. Fermentação secundária

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* prossegue se decompondo e transformando o substrato por meio de suas células vivas, que consomem os açúcares livres oriundos do amido, produzindo álcool etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) e dióxido de carbono (CO_2). Esse CO_2 cresce dentro da massa e provoca uma diminuição na densidade da massa, fazendo com que ela seja menor que a densidade da água (VENQUIARUTO et al., 2011).

O álcool produzido é evaporado no período do cozimento (CUNHA, 2012). A massa deve ficar em descanso por um tempo de 90 minutos (ARIMATÉA; PAGANI; E CARVALHO, 2015). É possível entender o período que a massa pode ser levada para a cocção, isso se dá através de uma observação de seu aspecto, o qual aparenta ter dobrado de volume (VENQUIARUTO et al., 2011).

Por fim, a massa passa por um acabamento, o qual se resume a uma incisão vertical que é feita por cima da massa, com o foco de possibilitar uma abertura nela. Esse corte é realizado com uma lâmina ou outro aparelho (RICHTER, 2019).

A incisão tem como objetivo abrandar a pressão que a massa sofrerá na etapa de cocção, pois direciona a saída dos gases e vapores (RICHTER, 2019). E auxilia aumentando a casca do pão, concedendo a ele, atributos visuais mais atrativos (AQUINO, 2012).

3.3.2.6. Cocção

Nesta etapa a massa é inserida no forno em uma temperatura de 180°C, por aproximadamente 20 minutos (ARIMATÉA; PAGANI; CARVALHO, 2015). Assim, começa a ocorrer uma pequena vaporização.

O vapor liberado é condensado sobre a superfície do pão, gerando uma película que proporciona mais suavidade à massa. Há também o aumento do volume do pão pela expansão do CO₂, já a película de água que havia se formado se evapora vagarosamente, permitindo que a casca do pão seja crocante e não tão dura. (AQUINO, 2012).

Há também outros fatores que podem afetar a cocção, um deles é a maneira como o calor é propagado no forno. O espalhamento do calor dentro de um forno pode ocorrer por Condução, Convecção e Radiação (OFFREDE, 2015).

Na condução, as moléculas presentes na superfície da massa do pão, quando encontram com substâncias como o ar ou o próprio tabuleiro do forno, elevam sua agitação e colidem com outras que estão em seu interior. Dessa maneira, liberam energia, contribuindo para que a temperatura almejada seja atingida (OFFREDE, 2015).

Na convecção, a transferência de calor se dá em fluidos líquidos ou gasosos. Já na radiação, o calor é lançado por intermédio de ondas eletromagnéticas, sendo apto a se alastrar no vácuo (OFFREDE, 2015).

3.3.2.7. Resfriamento

Neste momento se dá a retrogradação do amido, o qual é importante para a estabilidade da estrutura final do pão. Então, as moléculas de amilopectina vão se unindo por meio das suas ramificações, reduzindo a flexibilidade do gel e favorecendo o endurecimento do miolo do pão (BENASSI e WATANABE, 1997).

O vapor do pão é liberado, e a temperatura vai reduzindo e desenvolvendo rachaduras em sua casca (VIANA et al., 2017). No período de retirada do forno, o pão não pode ser fatiado logo em seguida, pois, pode se deformar, ou ficar sensível a contaminação por fungos (RICHTER, 2019).

Por esse motivo, aguarda-se um tempo, para que a umidade seja liberada. Quando a temperatura do pão atingir a temperatura ambiente do local, o pão pode ser fatiado (RICHTER, 2019). Além do mais, a higiene do ambiente é essencial para que o mofo não contamine o pão produzido (AQUINO, 2012).

3.3.2.8. Embalagem e estocagem

Os pães elaborados em meio comercial são embalados em sacos plásticos de polipropileno (ARNAUT, 2019). Essas embalagens impedem a deterioração e elevam a conservação em prateleira, mantendo o frescor do alimento, além do mais, protegem do mofo e garantem higiene (CANELLA-RAWLS, 2003). Na estocagem, os pães que são produzidos em estabelecimentos, geralmente são refrigerados por sete dias. Se ele estiver bem embalado em plástico não reciclado ou em papel-alumínio, seu tempo congelado pode durar até seis meses (CANELLA-RAWLS, 2003). Mas, caso os pães tenham sido produzidos em casa, para o consumo diário, podem ser armazenados em sacos de papel, sem necessitar de estocagem.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho foi produzido um livro paradidático intitulado “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”. Inicialmente foi realizada uma busca utilizando as seguintes palavras chaves: química, pão, livro paradidático. Essa pesquisa foi feita principalmente na plataforma da Revista Química Nova na Escola (QNEsc) e no Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos (Oasisbr).

Por meio desses portais foi sendo selecionado vários artigos sobre o tema química do pão e sobre livro paradidático, após isso foram realizadas as leituras deles para se ter um aprofundamento sobre a temática. Em seguida foi iniciado o processo de escrita do livro paradidático. Além disso, foi observado a estrutura de livros paradidáticos.

Foi realizada a produção do pão em casa, sendo observada e fotografada as suas etapas. Dessa forma, o livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção” foi escrito, sendo após isso, validado e analisado para ser utilizado nesta monografia.

Este trabalho está sendo fundamentado na abordagem qualitativa. Ela se dá por meio da coleta de dados, os quais passam por um processo de análise a fim de se ter uma compreensão melhor acerca do fenômeno a ser estudado (BARDIN, 2016).

Através dessa abordagem é possível analisar detalhadamente um sujeito, um ambiente ou situação em particular. Por meio de um enfoque descritivo, o pesquisador utiliza vários dados, de diversas fontes de informação. Além disso, pode ser usado a observação e a entrevista como técnicas (GODOY, 1995).

O estudo de caráter qualitativo fornece procedimentos que possibilitam um entendimento mais detalhado de fenômenos (GODOY, 1995). Os quais são obtidos através da coleta e análise de dados.

4.1. Contexto da pesquisa

Essa pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho, localizado no município de Itabaiana-SE.

Para a pesquisa houve a colaboração de cinco professores do Departamento de Química (DQCI) da Universidade Federal de Sergipe, sendo dois professores responsáveis pela validação do questionário que foi elaborado com o intuito de servir como instrumento para a coleta de dados. Os outros três professores foram os avaliadores do livro paradidático, eles foram responsáveis por responder o questionário proposto que outrora tinha sido validado.

4.2. Participantes da pesquisa

Os participantes que contribuíram para a coleta de dados nesta pesquisa, foram professores do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho.

4.3. Instrumento de coleta de dados

Para Flick (2013) a coleta de dados na pesquisa social pode ser realizada de três formas as quais são: realização de questionário para indivíduos; utilização de pesquisas de levantamento e entrevistas e por fim através da análise de documentação.

Nesta pesquisa foi utilizado para a coleta de dados, o questionário, o qual de acordo com Flick (2013), tem por objetivo receber respostas comparáveis dos participantes inseridos. Para isso, é necessário que as perguntas possam ter uma padronização típica das pesquisas quantitativas (CERON et al., 2020) sendo perguntas curtas, multidimensionais e compreensíveis (FLICK, 2013).

A partir desse entendimento, foram elaboradas as perguntas para o questionário com base no livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”. Em seguida o questionário passou pela validação de dois professores universitários, e foi enviado juntamente com o livro paradidático, para os outros três professores universitários, os quais foram responsáveis pela validação do material.

Os participantes da pesquisa assinaram um termo de consentimento (Anexo I) com o objetivo de respeitar as questões éticas da pesquisa, através da preservação do anonimato dos envolvidos.

4.4. Aplicação

Inicialmente ocorreu a validação do questionário, o qual foi elaborado com o objetivo de servir como o instrumento de análise para mensurar os dados obtidos a partir da leitura do livro paradidático. Dessa forma, o questionário foi enviado aos participantes para validação e após validado foi enviado juntamente com o livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos na produção” para os outros participantes.

4.5. Instrumento de análise de dados

Esta pesquisa seguiu o método de análise de conteúdo de Bardin (1977) o qual menciona as etapas: organização da análise; codificação; categorização; inferência e informatização da análise das comunicações dos dados obtidos. Este conjunto de etapas do método de Bardin propõe facilitar a compreensão acerca dos dados gerados, possibilitando uma melhor interpretação das informações coletadas (BARDIN, 2016).

As etapas do método proposto por Bardin (2016) são: Organização da análise: nesta etapa ocorre uma leitura flutuante do documento que deseja analisar a fim de se obter algumas impressões e orientações sobre ele; ocorre a escolha dos documentos, formulação de hipóteses sobre o que se pretende analisar, além de mensurar o objetivo esperado com isso.

A Codificação consiste na transformação dos dados em unidades que permite uma descrição exata das características e enumerados (regras de contagem); classificados (escolha de categorias) e recorte (escolha de unidades). A Categorização faz uma classificação de elementos por classes com título genérico, ocorre o reagrupamento de acordo com os critérios já pré-definidos (pode ser semântico; léxico e expressivo).

A Inferência fornece ao leitor informações suplementares, isto é saber mais sobre seu texto. Pode se apoiar em elementos como a mensagem (significação e código) e no canal (objeto técnico); no emissor e no receptor. Ou seja, a mensagem se direciona a um indivíduo ou a um grupo, com o foco de agir (função da comunicação) ou se adaptar a eles.

Já a informatização da análise das comunicações, aborda sobre o papel da informática no processo de análise de conteúdo. Há casos em que a utilização do computador não é útil para análise de conteúdo, são eles: Análises exploratórias sem técnica definida; a análise é única e sobre documentos especializados; a unidade de codificação é grande (discurso).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas foram categorizadas, com o objetivo de facilitar o processo de análise de dados. Além disso, foram criados códigos para se referir aos participantes, com o objetivo de preservar o anonimato de cada participante. O código utilizado foi a letra "P", de participante, acompanhada de número. O quadro 1 apresenta as perguntas do questionário que foi enviado para os participantes P1; P2 e P3.

Quadro 1: Questionário para análise do livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”

Número da Questão	Perguntas
1	<p><i>Qual é o nível de compreensão que você teve da leitura?</i></p> <p>() <i>Muito compreensível</i></p> <p>() <i>Razoavelmente compreensível</i></p> <p>() <i>Pouco compreensível</i></p> <p>() <i>Não é compreensível</i></p>
2	<p><i>Qual é a chance de você recomendar esse livro paradidático a alguém?</i></p> <p>() <i>Muito grande</i></p> <p>() <i>Grande</i></p> <p>() <i>Pouca</i></p> <p>() <i>Nenhuma</i></p>
3	<p><i>Qual é a relevância dos conteúdos químicos abordados?</i></p> <p>() <i>Muito relevante</i></p> <p>() <i>Razoavelmente relevante</i></p> <p>() <i>Pouco relevante</i></p> <p>() <i>Não é relevante</i></p>
4	<p><i>Quão didático você considera o conteúdo do material?</i></p> <p>() <i>Muito didático</i></p> <p>() <i>Razoavelmente didático</i></p> <p>() <i>Pouco didático</i></p>

	<i>() Não é didático</i>
5	<i>No que se refere aos conteúdos de química orgânica, assinale uma das alternativas: () O conteúdo é verídico e didático () O conteúdo é verídico mas não é didático () O conteúdo não é verídico</i>
6	<i>No que se refere aos conteúdos de química físico-química, assinale uma das alternativas: () O conteúdo é verídico e didático () O conteúdo é verídico mas não é didático () O conteúdo não é verídico</i>
7	<i>Qual é o grau de importância que esse material tem do ponto de vista pedagógico no que se refere ao ensino de química? () Muito importante () Razoavelmente importante () Pouco importante () Não é importante</i>
8	<i>No que se refere a interdisciplinaridade, assinale uma das alternativas: () O conteúdo de química faz conexão com outras disciplinas de forma muito satisfatória () O conteúdo de química faz conexão com outras disciplinas de forma pouco satisfatória () O conteúdo de química faz conexão com outras disciplinas de forma insatisfatória () O conteúdo de química não faz conexão com outras disciplinas</i>
9	<i>Você acha que um professor de química poderia usar esse material em suas aulas? () Sim, porém em conjunto com outras ferramentas () Sim, poderia ser usado de forma exclusiva () Não, esse material não deveria ser usado</i>
10	<i>Você tem alguma sugestão para melhorar esse paradidático? Se sim, quais?</i>

Fonte: Autoria própria.

Com base no questionário proposto, buscou-se situar de forma objetiva, na composição de 10 questões, o norteamento de aspectos inerentes aos conteúdos de química abordados e para que possa melhor analisar a proposta do livro e a sua analogia com o conteúdo de química orgânica.

Para discutir as respostas obtidas através do questionário realizado aos participantes (P1, P2 e P3) foram criadas as categorias: “Uso do livro paradidático em sala de aula”; “Coerência e Didática dos conteúdos químicos”; “Leitura”;

“Interdisciplinaridade”; “Recomendação”; “Relevância” e “Sugestões”. A primeira categoria será discutida no quadro 2.

Quadro 2: Dados obtidos sobre a categoria “Uso do livro paradidático em sala de aula”

Categoria	Frequência	Respostas
Uso do livro paradidático em sala de aula	9	<i>“Razoavelmente didático” (P1, P2 e P3)</i> <i>“Sim, pode ser usado de forma exclusiva” (P1, P2 e P3)</i> <i>“Muito importante” (P1, P2 e P3)</i>

Fonte: Autoria própria.

O quadro 2 engloba as respostas das questões 4, 7, 9, as quais abordam acerca da utilização do livro paradidático em sala de aula. Como apresentado, os avaliadores (P1, P2 e P3) afirmam que o livro do ponto de vista pedagógico ao ensino de química é muito importante, sendo considerado razoavelmente didático, podendo ser trabalhado de forma exclusiva em sala de aula. Isto significa que ele também pode ser usado sem a utilização de outros recursos, caso assim o professor deseje.

De acordo com Faria (2018), os livros paradidáticos são materiais que podem ser utilizados em sala de aula como uma ferramenta complementar no processo de ensino aprendizagem.

Observou-se que diante das respostas, o uso do livro paradidático foi situado como expressão de valor geral importante, haja vista que a metodologia utilizada na construção do material e os conteúdos situados, possibilitam uma melhor compreensão dentro do Ensino de Química.

Quanto ao fator da didática, os teóricos Paulucio e Carvalho (2019), pontuam que o livro paradidático possui atributos didáticos e lúdicos. O quadro 3, aborda sobre a categoria “Coerência e Didática dos conteúdos químicos” que engloba as perguntas 5 e 6 do questionário. Com a criação dessa categoria pretende-se entender se os conteúdos químicos que estão descritos no livro paradidático, são coerentes.

Quadro 3: Dados sobre a categoria “Coerência e Didática dos conteúdos químicos”

Categoria	Frequência	Respostas
Coerência e Didática dos conteúdos químicos	6	<i>“O conteúdo de química orgânica é verídico e didático” (P1 e P3)</i> <i>“O conteúdo de química orgânica é verídico mas não é didático” (P2)</i> <i>“O conteúdo de físico-química é verídico e didático.” (P1, P2 e P3)</i>

Fonte: Autoria própria.

Como abordado no Quadro 3, foi possível notar que todos os avaliadores afirmaram haver coerência acerca dos conteúdos de Química Orgânica e de Físico-Química. Isso confirma o que os teóricos Campello e Silva (2018) afirmam, que é importante que o livro paradidático traga informações corretas que contribuem na aprendizagem dos alunos.

Em relação à didática, os avaliadores P1, P2 e P3 afirmaram que o conteúdo referente a Físico-Química é didático. Sobre o conteúdo de Química Orgânica, P1 e P3 afirmaram ser didático, mas P2 afirmou não ser didático. Nota-se que houve discrepância entre os avaliadores. Esse contraponto pode ser justificado pelo fato que existem teóricos como Campello e Silva (2018) que afirmam que o livro paradidático deve possibilitar um estudo de temática interessante e menos didatizado. Já os teóricos Paulucio e Carvalho (2019) afirmam que o livro paradidático deve abordar temáticas focando em uma boa didática.

Apesar da diferença de parecer entre os teóricos, para a autora quanto mais didático o livro ser, melhor. A didática no processo de ensino e aprendizagem é um ponto fundamental porque ela trata do ensinar e do aprender. Ensinar não deve ser uma ação mecânica, a qual o educador realiza sem precisar passar por modificações, e sim um ato que busca sempre reajustes a fim que proporcionaram no resultado almejado que é o aprender (FREITAS, 2016).

Aprender resulta da assimilação do conhecimento mais simples aos mais complexos. Para essa assimilação ocorrer, é essencial que o aluno tenha sido bem

orientado pelo professor, mas não somente isso, é importante que haja metodologias, objetivos, formas que cooperem em prol disso (FREITAS, 2016).

O processo de aprender requer que o professor organize o conteúdo de um jeito que o aluno possa compreender. Para Freitas (2016) isso ocorre, quando o aluno é estimulado através de textos que envolvam a sua realidade. Isso pode ser observado no livro paradidático desenvolvido, os textos presentes estão correlacionados com algo da vivência do aluno, isto é, faz parte da realidade dele, logo, chama a atenção, então acontece o que o Libâneo (1994) afirma, que é para aprendizagem ser efetiva, é necessário que o aluno demonstre interesse sólido por um tempo longo.

Para conseguir o aluno focado no conteúdo por um bom tempo, Libâneo (1994) diz que o professor precisa analisar a sua turma, para entender qual forma de construir o conhecimento atenderá melhor a necessidade dos alunos que compõem a turma, fazendo com que haja aprendizagem por parte deles.

Além do mais, para os teóricos Silva e Carneiro (2019) os livros paradidáticos auxiliam na aprendizagem de conteúdos, facilitando o entendimento da química de maneira eficaz.

O quadro 4 aborda a categoria “Leitura” que aponta as respostas que os participantes tiveram sobre a questão 1, que explana sobre a compreensibilidade do livro paradidático.

Quadro 4: Dados obtidos para a categoria “Leitura”

Categoria	Frequência	Respostas
Leitura	3	<i>"Muito compreensível" (P1 e P2)</i> <i>"Razoavelmente compreensível" (P3)</i>

Fonte: Autoria própria.

Como apresentado no Quadro 4, as respostas dos avaliadores (P1, P2 e P3) em relação a leitura do paradidático ser compreensível, variou entre “muito compreensível” e razoavelmente compreensível. Como afirma Rodrigues (2015) o livro paradidático tem

a função de auxiliar na compreensão de conceitos. Dessa forma, é necessário que ele possua uma linguagem compreensível, para que os conceitos sejam bem entendidos.

De acordo com Rodrigues (2015) a leitura é responsável por viabilizar a compreensão do aluno acerca de conceitos apresentados, além disso, ela proporciona ao aluno tornar-se um cidadão reflexivo, crítico que vivencia sua cidadania e sabe se posicionar no meio social que está inserido.

Portanto a leitura precisa ser de fácil compreensão, assim, ela instiga o aluno a querer ler mais textos. Uma boa escrita de textos também só ocorre quando o aluno consegue ter clareza sobre o propósito do texto, o tema, o objetivo, ou seja, é necessário que haja compreensibilidade no material que será lido (RODRIGUES, 2015).

A leitura é uma prática pedagógica que permite o entendimento de conceitos. Mas, não apenas isso. Segundo Freire (2004) a leitura do mundo vem pela leitura de palavras, ou seja, é através de uma leitura de contextos que permite uma visão mais crítica em relação ao que nos rodeia.

Por isso faz-se necessário que os textos sejam claros, bem articulados. De acordo com as respostas dos avaliadores (P1, P2 e P3), em relação ao livro paradidático desenvolvido neste trabalho, é possível afirmar que a leitura é clara. Isso é muito importante pois como afirma Maia (2011) em seus estudos, os textos paradidáticos proporcionam ganho na aprendizagem dos alunos, proporcionando que conceitos básicos acerca do conteúdo explanado fossem assimilados de forma estimulante e atrativa, contribuindo assim para a aprendizagem.

O Quadro 5 aborda sobre a questão 8 do questionário que aborda sobre o livro paradidático ser um material interdisciplinar, que pode ser trabalhado em conjunto com outras áreas de conhecimento.

Quadro 5: Dados sobre a categoria “Interdisciplinaridade”

Categoria	Frequência	Respostas
Interdisciplinaridade	3	<i>"O conteúdo de química faz conexão com outras disciplinas de forma muito satisfatória" (P1, P2 e P3)</i>

Fonte: Autoria própria.

A interdisciplinaridade trata-se de um método de pesquisa e ensino, no qual duas ou mais disciplinas relacionam-se entre si, essa interação permite a troca de conceitos, procedimentos, metodologias, dados e organização da pesquisa. Também é conhecida como troca de ciência (CAVALCANTE, 2015).

É considerada uma troca de ciência porque o prefixo “inter” significa “troca” e o nome disciplina se refere a ensino, ou ciência. Analisando, as respostas dos três avaliadores, nota-se que os avaliadores (P1, P2 e P3) tiveram o mesmo parecer em relação ao material avaliado, isto é, que o livro paradidático desenvolvido possui interdisciplinaridade, ou seja, pode ser trabalhado fazendo conexão com outras disciplinas (CAVALCANTE, 2015).

Essa conexão é uma das características encontradas no livro paradidático segundo Rodrigues (2015). Esses livros paradidáticos possibilitam o entendimento de conceitos, o qual ocorre por meio da articulação de diferentes conceitos científicos, que surgem de diferentes campos de conhecimento.

Como foi observado no livro paradidático desenvolvido neste trabalho, o qual de acordo com os avaliadores (P1, P2 e P3) têm a característica de ser interdisciplinar, sendo isso observado por meio de uma análise do conteúdo do livro, o qual possui correlação com conteúdo de outras disciplinas.

Para Andrade et al., (2018) a interdisciplinaridade permite ao aluno desenvolver habilidades, aproveitar habilidades e competências que são despertadas diante de uma visão de mundo em diferentes dimensões.

Essas dimensões tratam justamente de agir na cooperação e parceria com outras formas de conhecimento existentes. É preciso ressaltar que, para essa parceria ocorrer, o professor deve estar trabalhando em conjunto com os alunos, entendendo as suas necessidades e interesses (CAVALCANTE, 2015).

Dessa maneira o livro paradidático possibilita um acesso para novas compreensões e troca de saberes entre diferentes campos de conhecimento, cooperando para novos conhecimentos e novas percepções sobre o mundo (ANDRADE et al., 2018), além de contribuir no processo de ensino e aprendizagem (MOURA, 2017).

O Quadro 6 aborda sobre a categoria “Recomendação” que foi criada para explicar as respostas obtidas pelos participantes, em relação à questão número 2 do questionário, que aborda se o livro paradidático desenvolvido, possuía chance de ser recomendado.

Quadro 6: Dados sobre a categoria “Recomendação”

Categoria	Frequência	Respostas
Recomendação	3	“Grande” (P1, P2 e P3)

Fonte: Autoria própria.

Como apresentado no Quadro 6, os avaliadores (P1, P2 e P3) afirmaram que a chance de recomendar esse material para outras pessoas, é grande. Isso significa que o livro paradidático desenvolvido possui potencial, podendo ser recomendado, pois pode contribuir na leitura, imaginação e interpretação e outras habilidades dos alunos (MOURA, 2017). O professor também pode recomendar o uso do livro paradidático com o objetivo de romper com tradições e buscar novas propostas para a realização das aulas.

Além de recomendar o seu uso, é essencial que haja aulas contextualizadas, para que seu potencial seja explorado ao máximo possível (SILVA, 2010). Para Moura (2017) a recomendação do livro paradidático deve ser realizada também com o foco de incentivar a prática da leitura por parte do aluno. Assim, os professores são incentivadores da leitura, buscando com isso contribuir para que o aluno consiga trabalhar a sua leitura e interpretação, sabendo que isso o ajudará a compreender melhor os problemas e resolução deles, favorecendo o seu desenvolvimento cognitivo.

A categoria “Relevância” foi criada para discutir as respostas obtidas em relação à questão número 3 do questionário, a qual aborda sobre o conteúdo do material possuir ou não relevância. O quadro 7 apresenta essas respostas, sendo assim, o teor de utilização dado ao material foi considerado como bastante importante para a prática do Ensino de Química.

Quadro 7: Dados sobre a categoria “Relevância”

Categoria	Frequência	Respostas
Relevância	3	<i>“Muito Relevante” (P1 e P3)</i> <i>“Razoavelmente Relevante” (P2)</i>

Fonte: Autoria própria.

Em relação à relevância dos conteúdos apresentados no livro paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”, os avaliadores P1 e P3 julgaram ser muito relevante, enquanto o avaliador afirmou ser razoavelmente relevante.

Essas respostas se encaixam no que Ferreira (2021) afirma que o livro paradidático não deve apenas ser considerado um simples popularizador de conhecimento científico, mas deve ser visto como relevante por sua capacidade de complementaridade ao livro didático, permitindo assim um conhecimento mais profundo sobre a temática em questão.

O livro paradidático de acordo com Sena (2018) auxilia na compreensão de conceitos, instiga o aluno a assumir uma postura reflexiva e crítica, contribuindo em seu crescimento como cidadão. Além disso, o livro paradidático é relevante, pois capacita o aluno a aprimorar sua interpretação sobre fenômenos.

Para Souza et al., (2007) utilizar livros paradidáticos em aulas de química, auxilia o docente em sua prática na sala de aula, pois motivam o aluno a se envolver na aula, pois a abordagem que contém nesses livros é contextualizada com temáticas do cotidiano. Dessa forma, é facilitada a compreensão dos conteúdos por mais complexos que sejam de se entender.

Como a abordagem dos livros paradidáticos é contextualizada a partir de temáticas do cotidiano, é possível envolver aspectos sociais, econômicos, tecnológicos, políticos, além do conhecimento de conceitos químicos. Dessa maneira, esses livros possuem um potencial para ampliar a percepção do universo, despertando uma

consciência que diz respeito ao entendimento sobre o meio ambiente, entre outros tópicos (SOUZA et al., 2007).

Quadro 8: Dados sobre a categoria “Sugestões”

Categoria	Frequência	Respostas
Sugestão	3	<p><i>P1: “O livro proposto é bem interessante e contribui de forma interdisciplinar entre as áreas da Química, Biologia, Ciências e etc. Percebe-se que é um livro direcionado para o professor de Química, na qual requer um certo conhecimento químico para um bom uso das informações, apesar de ser um material de fácil compreensão. Aponto como um material facilitador para contextualizar e trazer o dia a dia de casa para a sala de aula. Neste sentido, não tenho novas sugestões, somente indico correção na fórmula molecular da sacarose, refazer o desenho da estrutura da gliadina e a fórmula molecular do ácido láctico.”</i></p> <p><i>P2: “Indicar no início do livro que haverá receita ao final. Melhorar a legenda das figuras. Melhorar algumas passagens textuais para explicar melhor o significado. Acrescentar mais imagens explicativas. Eliminar algumas poucas repetições de informações. Remover alguns excessos de características físico-químicas dos componentes do pão, sugiro focar no papel desses no pão. Reposicionar algumas figuras. Faltou agradecer aos avaliadores do material no texto do livro, talvez inserir os agradecimentos nos elementos pré textuais.”</i></p> <p><i>P3: “Um livro paradidático precisa possuir adequações ao nível de ensino ao qual se destina, sugiro que sejam inseridos pequenos textos, imagens para que possam fazer síntese do conteúdo, possibilitando aos alunos relacionar as ideias diante da estrutura de exposição do conteúdo que foi adotada. Para um livro paradidático não precisa haver citação conforme normas da ABNT, o texto ficará mais limpo e menos acadêmico, se houver referência dos autores consultados ao final do livro está de bom tamanho. O conteúdo poderia ser mais didático e menos acadêmico, isto pode ocorrer sem que haja supressão do conteúdo, me refiro a explicação do conteúdo.”</i></p>

Fonte: Autoria própria.

A categoria “Sugestão” traz a descrição que os participantes P1, P2 e P3 responderam na questão de número 10 (*Você tem alguma sugestão para melhorar esse paradidático? Se sim, quais?*).

Como apresentado no quadro 8, os avaliadores (P1, P2 e P3) apresentaram suas sugestões para melhorar o livro paradidático intitulado “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”. Elas foram aceitas, tendo em vista a importância

que existe, em todo o processo de validação para o material tornar-se mais apto para contribuir no processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

6. CONCLUSÃO

Com a realização desta pesquisa, foi possível compreender que o livro paradidático desenvolvido, intitulado de “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção” possuem coerência em relação aos conteúdos químicos abordados, podendo ser considerado um material didático e relevante para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos químicos.

Além disso, serve como um material complementar para auxiliar não somente em aulas de química, mas também de outras áreas do conhecimento, pois possui interdisciplinaridade. Por fim, o livro paradidático elaborado, possui relevância e é uma proposta interessante para contribuir em aulas de química.

Em linhas gerais, o livro paradidático supramencionado se torna essencial para melhor articulação dos conteúdos de Química, mais precisamente envolvendo conteúdo da Química Orgânica e da Físico-Química, os quais são observados nos processos químicos e físicos da produção do pão.

7. REFERÊNCIAS

ADAMS, F. W.; NUNES, S. M. T. A contextualização da temática energia e a formação do pensamento sustentável no ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**. Vol.44, Nº 2, p.137-148. Maio, 2022.

ALMEIDA, E. B. **Efeito da sova nas características e aceitabilidade do pão de forma**. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

ANDRADE, C. F. F.; CLARO, D. S.; SILVEIRA, K. C.; ALVES, J. M. R.; SOUZA, A. A. S. **O uso de paradidáticos e a interdisciplinaridade**. Artigo. Congresso Nacional de Educação V CONEDU, 2018.

ARIMATÉA, C. C.; PAGANI, A. A. C.; CARVALHO, M. S. Elaboração e composição química de pão de forma enriquecido com resíduos agroindustriais de frutas. **Anais do VII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**. São Cristóvão, 2015.

ARNAUT, A. N. **Desenvolvimento e avaliação de pão de fermentação natural enriquecido com farinha de bagaço de malte**. Dissertação (Bacharel em gastronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.

ASSIS, A. **Leitura, argumentação e ensino de física: Análise da utilização de um texto paradidático em sala de aula**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) - Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2005.

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. Dissertação (Mestre) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Bioquímico - Farmacêutica. São Paulo, 2012.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Livro. Lisboa: Ed. 70, 1997. Disponível em: <<https://ia802902.us.archive.org/8/items/bardin-laurence-analise-de-conteudo/bardin-laurence-analise-de-conteudo.pdf>>. Acesso em: 02/11/2022.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Livro. Edição revista e ampliada, 2016.

BRASIL. **Ministério da Educação**. PNLD 2018: Apresentação: Guia de livros didáticos – Ensino Médio/ Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017. 39 p.

BARROS, J. H. T. **Fibras alimentares: efeito na farinha, reologia das massas, qualidade e taxa de envelhecimento de pães**. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos) UNESP. São José do Rio Preto-SP. Março, 2015.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, p. 60. Junho de 1997. (EMBRAPA-CTAA. Documentos; 21).

BOTÃO, M. AL. **Estudo físico-químico da interação entre o copolímero tribloco plurônico F127 e amido de milho em solução aquosa**. Dissertação (Mestre em Biofísica). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/192030/botao_ma_me_sjrp.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acessado 20/11/2022.

CANELLA-RAWLS, S. C. Pão arte e ciência. **Revista Senac**. Edição 3. São Paulo, 2003.

CAMPELLO, B. S.; SILVA E. V. Subsídios para esclarecimento do conceito de livro paradidático. **Biblioteca Escolar em Revista**. Ribeirão Preto, v. 6, n. 1, p. 64-80, 2018. Disponível em: <<https://brapci.inf.br/index.php/res/download/100712>>. Acesso em 01/11/2022.

CAVALCANTE, M. S. D.; PINHO, M. J.; ANDRADE, K. S. Interdisciplinaridade e Livro didático: Interfaces (Im)possíveis? **Revista do GELNE**, V. 17, N. 1- 2, p. 2015.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da panificação**. 2 ed. Barueri: Manole, p.440, 2009.

CERON, I. N.; SCHIMILA, W. R.; GRAUPE, M. E.; DIEZ, C. L. F. **Os desafios da pesquisa social na pós-graduação**. Cadernos da Fucamp. Vol. 19, n. 37, p.80-94, 2020.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; BORGES, M. C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, pág. 150-155, Mar/Abril de 2006.

CUNHA, A. O. **CADEIA PRODUTIVA DO PÃO: fontes informacionais utilizadas no planejamento de novos produtos**. Dissertação (Bacharel em Biblioteconomia) - Faculdade de Biblioteconomia e comunicação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

CUNHA, B. M. O Glúten em Questão. **Revista Química Nova na Escola**. São Paulo, Br, vol. 40 nº 1, p.59-64. Fevereiro, 2018.

DIAS, A. M. V. **Análise estrutural de farinhas e alguns dos seus componentes**. Dissertação (Mestre em Química) - Universidade de Aveiro. Departamento de Química, 2008.

FARIA, A. C. N. A. **A elaboração de um livro paradidático para o ensino de Geografia**. Relatório Técnico-científico para Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Centro de Ciências Humanas Letras e Artes - Centro de Ensino Superior do Seridó. Caicó-RN, 2018.

FARIA, S. M.; RIBEIRO, K. D. F. O pão nosso de cada dia. **Revista Sociedade Brasileira de Química**. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) Instituto DE Química da Universidade de Brasília (IQ/UnB), 2010.

FERREIRA, V. E. Sobre o livro paradidático: caracterizações e possibilidades de intervenção no ensino e no ensino de história e do espaço da história afro-brasileira e das relações étnicos raciais. **XII Encontro Perspectivas do Ensino de História**. Belém Universidade Federal do Pará, 2021. Disponível em:
<https://www.perspectivas2021.abeh.org.br/resources/anais/10/epeh2021/1639398614_ARQUIVO_54f36674b798c8e99dfb375d7b7aafb7.pdf>. Acesso em: 01/11/2022.

FERNANDES, K. S. **Paradidático como estratégia pedagógica para o ensino de química: Aprendendo com uma planta chamada cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestre em Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso - Instituto de Física. Cuiabá-MT, 2019.

FREIRE, A. M. A. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 29 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2004.

FREITAS, S. R. P. C. **O processo de ensino e aprendizagem: A importância da didática**. Artigo. VIII Fórum Internacional de Pedagogia. Universidade Federal do Maranhão. Disponível em:
<https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/fiped/2016/TRABALHO_EV057_MD1_SA8_ID857_29082016143835.pdf>. Acessado em 14/11/2022.

GATINHO, M. M.M. **Desafios e Possibilidades da Paleontologia na educação básica: Uma proposta de livro paradidático para o professor**. (Mestrado) Universidade Estadual de Goiás. Programa de pós-graduação Stricto Sensu mestrado profissional em ensino de ciências, Anápolis, 2020.

GERMANI, R. **Panificação**. Disponível em: Inicial - Portal Embrapa. Acesso em: 13 nov. 2022.

GODOY, A. S. A pesquisa qualitativa e sua utilização em administração de empresas. **Revista de Administração de Empresas** - São Paulo, vol. 35, n. 4, p. 65-71, Jul/Ago, 1995.

IVANOFF, J. P. P. **O uso da leitura nas aulas de química**. Dissertação (Licenciado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química. Porto Alegre, 2017.

LACOVSKI, A. C.; YOKOMIZO, K. H.; RAIMUNDO, M. H.; DINIZ, T. S. **Indústria de Farinha de Trigo: Moinho Trigossul**. Dissertação (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Coordenação do Curso de Engenharia Química. Apucarana, 2019.

LIBÂNEO, J. C. **Os métodos de ensino**. São Paulo, Cortez, 1994 p. 149-176.

LIMA, J. O. G. **Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química**. Revista Espaço Acadêmico. Nº136, 2012. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2013/quimica_artigos/perspect_novas_metod_ens_quim.pdf>. Acessado dia:14/11/2022.

MAIA, M. C. **Uma abordagem do modelo padrão da Física de partículas acessível a alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <[Dissertacao 29 01 2011 ETEL corrigida.mdi \(ufc.br\)](#)>. Acessado em 14/11/2022.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: Características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Documentos, 75, Londrina-PR, 1994. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/460386/componentes-do-trigo-caracteristicas-fisico-quimicas-funcionais-e-tecnologicas>>. Acessado em 07/07/2022.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte**. Dissertação (Engenheiro de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, 2010.

MELO, E. A. A. **Livros paradidáticos de língua portuguesa para crianças: uma fórmula editorial para o universo escolar**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 2004.

MOREIRA, R. A.; COSTA, T. M.; PEREIRA, V. L. F.; MAZZINI, V. G. **A importância da leitura**. MS: Ed. UFGD- Universidade Federal da Grande Dourados, 2016.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, P. L. W. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 02, Nº 2, dezembro de 2003.

MOURA, F. P. **Utilização de um livro paradidático no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de física**. Dissertação (Mestre em Ensino de Física). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Março de 2017.

NASCIMENTO, I. S. B. **Partição de glutenina de farinha de trigo especial em sistemas aquosos bifásicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba, 2008.

OFFREDE, G. P. **Produção de pão com recurso a pré-fermentos Desenvolvimento de produtos numa unidade de panificação**. Dissertação (Mestre em Ciências

Gastronómicas). Instituto Superior D Agronomia. Universidade Nova Lisboa, Março, 2015.

PAULUCIO, J. F.; CARVALHO, L. Q. **Paradidáticos na sala de aula: Diálogos, Experiência e Leitura**. Caderno pedagógico para Mestrado em Letras. Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vitória, 2019.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. Artigo - **Revista UEPG Ci. Exatas Terra**, Ci. Agr. Eng. Pag. 21-29, Ponta Grossa. Agosto, 2006.

RAGUZZONI, J. C. **Efeito da Adição de L-Cisteína nas proteínas do Glúten: Análises Reológica, Térmica e Microscópica**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

RICHTER, V. R. **Panificação**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. 1ª Edição, 2019.

RODRIGUES, A. M. D. P. **Caracterização de Pão Regional do Distrito de Viseu e de Pão São**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar). Instituto Politécnico de Viseu. Julho, 2012.

RODRIGUES, M. A. A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de Física. **Ciência Educação**, Bauru. Vol. 21, n. 3, p. 765-781, 2015.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/TWg5HdhpXgdrnvSz6Ln4vhJ/?lang=pt&format=pdf>>
. Acesso em: 01/11/2022.

SANTOS, N.; CUNHA, L. As tradições do pão, territórios e desenvolvimento. **Revista Trunfos de uma Geografia Activa Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia**. Universidade Coimbra, p. 273-282, 2011. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/20054/1/Tradi%c3%a7%c3%b5es%20do%20OP%c3%a3o.%20TGA%20Norberto%20Santos%20Ant%c3%b3nio%20Gama.pdf>>. Acessado em: 06/11/2022.

SANTOS, E. P.; SILVA, B. C. F.; SILVA, G. B. **A contextualização como ferramenta didática no ensino de química**. VI Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. São Cristóvão, SE, 20 a 22 de setembro de 2012.

SCAFI, S. H. F. Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar. **Revista Química Nova na Escola**. Vol.32, Nº 3. Agosto, 2010.

SENA, M. C. C. **O uso de um livro paradidático em aulas de química: Identificando práticas epistêmicas nos registros escritos dos estudantes.** Universidade Federal de Minas Gerais - Faculdade de Educação (FaE). Belo Horizonte, 2019.

SEVIERO, M. G. **A importância da leitura no processo de formação.** Dissertação (Licencianda em pedagogia) - UNESP. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Instituto de Biociências - Rio Claro, 2017.

SILVA, A. N.; FRÍSCIO, F. C. A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, Br, vol. 43, nº 3, p. 232-243. Agosto, 2021.

SILVA, B. M.; SOUZA, N. F. D.; DIAS, R. M. F.; RAMOS, B. F. M. Composição nutricional de pães com farinha de trigo integral e refinada, comercializados em hipermercados de Salvador, Ba. **Higiene Alimentar** - Centro Universitário Estácio da Bahia, Salvador, Ba- Vol. 31 - n.266/267 pag. 55-60, Mar/Abr, 2017.

SILVA, C. M. S.; CARNEIRO, I. M. S. P. **A contribuição do livro paradidático para o processo de ensino-aprendizagem de química no ensino médio.** VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU), 2019.

SILVA, M. S. **Clube de matemática jogos educativos.** Disponível em: <[https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/17571316022012Metodologia do Ensino de Matematica Aula 13.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/17571316022012Metodologia_do_Ensino_de_Matematica_Aula_13.pdf)>. Acessado em 14/11/22.

SOUZA, M. N. P.; PAZ, M. S. O.; SANTOS, J. C. S.; BATISTA, T. P. P.; SILVA, A. M. Elaboração de livros paradidáticos no processo de ensino - aprendizagem em química. **Revista 47º CBQ**. Natal-RN, 17 a 21 de setembro de 2007. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-362-502.htm>>. Acessado em 14/11/22.

SULZBACH A. C.; BRAIBANTE, M. E. F.; STORGATTO, G. A. A bioquímica do Glúten através de Oficinas Temáticas. Artigo - **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, V. 37, n. 3, pag. 767-776, set/dez de 2015.

TALEFE, R. S. F. **A arte de ler. Ler para quê?** Dissertação (Mestre em ciências da educação). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias – Instituto de Educação. Lisboa, 2014.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: Um Estudo Envolvendo a produção artesanal do Pão. **Revista Química Nova na Escola**. São Paulo, Br, vol. 33, n. 3. Agosto, 2021.

VIANA, A. C. S.; GERALDINA, B. S.; DITTRICH, M. T. **Planejamento e controle da produção (PCP): Um estudo de caso na linha de produção do pão francês do Panifício e Confeitaria Itália.** Faculdade Capivari (FUCAP), 18 de outubro de 2012.

VIEIRA, C. B. **O livro didático e o ensino de história: o que ler, como ler e para que ler.** Dissertação (Mestre em História). Universidade de Caxias do Sul – Pró-reitora de

pesquisa e pós-graduação stricto sensu – Programa de pós-graduação em história.
Caxias do Sul, 2015.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola** - sessão Conceitos Científicos em destaque. Vol.35, Nº 2, p. 84-91. Maio, 2013.

APÊNDICE I - LIVRO PARADIDÁTICO “PÃO & QUÍMICA: OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS EM SUA PRODUÇÃO”



UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
SERGIPE

Campus Professor Alberto Carvalho
Departamento de Química (DQCI)

PÃO & QUÍMICA

Os processos químicos
envolvidos em sua produção



Midiã de Lima Santos
Valéria Priscila de Barros
Ivy Calandrelly Nobre

NaCl



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA (DQCI)

PÃO & QUÍMICA:
OS PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS EM SUA PRODUÇÃO

MIDIÃ DE LIMA SANTOS
PROFA. DRA. VALÉRIA PRISCILA DE BARROS
PROFA. DRA. IVY CALANDRELI NOBRE

ITABAIANA-SE

2022

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus Cristo que é o meu Deus, por ter me dado vida e disposição para realizar a escrita desse livro!

Agradeço aos meus pais José Wilson Barbosa Santos e Luciene Alves de Lima Santos, por acreditarem em mim e me darem todo apoio.

Agradeço a Profa. Dra. Valéria Priscila de Barros e a Profa. Dra. Ivy Calandrelly Nobre, as quais também contribuíram na escrita deste livro paradidático.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos; Prof. Dr. Moacir dos Santos Andrade e ao Prof. Me. Filipe Silva de Oliveira, pela avaliação deste livro paradidático.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. INGREDIENTES BÁSICOS DO PÃO.....	3
2.1 Água.....	3
2.2 Farinha de Trigo.....	7
2.3 Sal.....	13
2.4 Fermento Biológico.....	16
2.5 Ingredientes que podem ser acrescentados.....	18
3. PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DO PÃO.....	18
3.1 Pesagem.....	18
3.2 Mistura.....	19
3.3 Sova e Fermentação Principal.....	20
3.4 Divisão, Boleamento e Modelagem.....	24
3.5 Fermentação Secundária e Acabamento.....	26
3.6 Cocção.....	27
3.7 Resfriamento.....	28
3.8 Embalagem e Estocagem.....	29
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
5. RECEITA DE PÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Este livro paradidático foi elaborado com o objetivo de servir como um material de apoio para auxiliar professores de química na construção de aulas contextualizadas.

O pão faz parte da dieta alimentar de diversas civilizações ao longo dos séculos (SANTOS E CUNHA, 2011) e se constitui como um dos alimentos mais consumidos na sociedade e ingerido por diferentes classes sociais (SILVA, et al., 2017). Sua origem é bastante antiga, sendo considerado o seu surgimento junto com o advento das civilizações (SALES, 2010).

Falar de pão não é apenas falar de um alimento, mas de um símbolo religioso que fez parte de eventos que marcaram a história do mundo, como a Santa Ceia de Jesus Cristo com seus discípulos (SALES, 2010). Também está em ditos populares, como por exemplo, "ganha-pão" referindo-se ao meio de trabalho para garantir a sobrevivência, ou até mesmo o "pão nosso de cada dia", por ser um alimento consumido diariamente (SILVA et al., 2020). Além disso, teria sido usado como moeda para pagamento de salários para egípcios (ABIP, 2021).

De acordo com Sales (2010), o pão foi descoberto em torno do ano 10.000 anos a.C. pelo povo que caçava e colhia cereais, os quais eram de Jericó, região de Canaã. Com o passar dos anos, foi sendo consumido por todas as classes sociais, já que por um tempo só era consumido por indivíduos com posição social ou poder (SALES, 2010) podendo ser obtido em estabelecimentos comerciais ou até mesmo produzido de maneira artesanal (SILVA et al., 2017).

De acordo com Canella-Rawls (2009), os primeiros pães teriam surgido por volta do ano 6.000 a.C., embora não se saiba ao certo em qual sociedade. A história que se tem conhecimento é que uma camponesa deixou cair uma massa sobre uma pedra quente, o que teria provocado uma transformação daquela massa em um determinado alimento. Entretanto, há indícios que o surgimento teria se dado na região do delta do Nilo, onde grãos de trigo e cevada teriam sido encontrados e triturados em um almofariz de pedra, sendo peneirados e expostos secos ao sol, para enfim, serem moídos novamente (MELO, 2018).

Há também relatos que apontam que a produção e o consumo do pão teriam acontecido na Roma Antiga no ano 100 a.C., onde cerca de 300 padeiros trabalhavam na elaboração de pães (CANELLA-RAWLS, 2003). Os primeiros pães eram produzidos de um jeito rústico, possuíam características como dureza, achatamento e uma aparência de bolacha (CUNHA, p.10, 2012).

É possível perceber que existem explicações diferentes para o surgimento do pão embora se acredita que povos gregos, hebreus, egípcios, ibéricos, americanos e todas as civilizações que produzem seus alimentos contribuíram no desenvolvimento de sua produção (CANELLA-RAWLS, p. 29, 2003).

A produção foi se expandindo e a tradição de consumir esse alimento foi sendo enraizada pelos povos. No Brasil, esse costume foi trazido pelos portugueses (RAWLS, 2009, p. 11), enquanto o hábito de comer pão quentinho no café da manhã, teria segundo relatos, surgido pelos japoneses (CANELLA-RAWLS, 2003, p. 12). O costume de ingerir pão seguiu até os dias atuais, sendo que o processo de produção passou por inúmeras transformações para melhor atender o público consumidor (SILVA, A. M.; PEREIRA, D. C.; LENZI, F.; et al., p. 30, 2020).

Nos primórdios, o pão era produzido a partir dos ingredientes: água, sal, farinha, e fermento biológico. Ao longo do tempo, em sua produção foram adicionados novos ingredientes, os quais foram denominados de não essenciais, por se tratar de ingredientes que podem ou não ser acrescentados. São eles: açúcar, gordura, leite, enzimas e outros (SANTOS, et al. 2012).

A elaboração consiste efetivamente na consideração das seguintes etapas: pesagem de ingredientes; mistura; fermentação; divisão; boleamento; descanso; modelagem; crescimento/fermentação; acabamento; cocção; resfriamento; embalagem e estocagem (CANELLA-RAWLS, 2003).

Para Melo (2018) é possível utilizar esses conhecimentos sobre produção de pão para entender conteúdos químicos. O estudo dos ingredientes básicos demonstra que é possível explorar diversos conteúdos químicos, como a função de cada ingrediente, as propriedades químicas da massa, a sua viscoelasticidade, o surgimento do glúten, entre outros (LACERDA, 2008).

A temática também possibilita o estudo de ligações químicas, a partir das ligações envolvidas no processo de produção (FARIA e RIBEIRO, 2010). Além disso, pode ser explicado o conteúdo de substâncias, partindo do estudo de componentes como: água, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras e amido (CANELLA-RAWLS, 2003).

2. INGREDIENTES BÁSICOS DO PÃO

2.1 Água

A água (Figura 1) é fundamental para que exista vida na Terra. Sua importância vai desde a produção de alimentos como para outras atividades inerentes à sobrevivência do ser humano. Ela é a espécie química mais abundante na Terra (GRASSI, 2001).

Figura 1: Água



Fonte: Acervo autoral

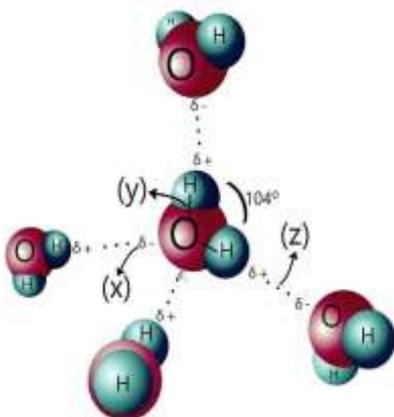
As moléculas de água são compostas por dois átomos de hidrogênio ligados covalentemente a um átomo de oxigênio, por isso, sua fórmula molecular é H_2O (QUADROS, 2004). O oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio, assim seu núcleo atrai mais os elétrons que o núcleo do hidrogênio.

Em razão dessa diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e o de oxigênio, e a estrutura angular, a molécula de água apresenta polaridade, isto é, possui duas regiões consideradas mais negativas (δ^-) e duas mais positivas (δ^+) (CARMONA, et al., 2016). O fato de a molécula de água ser um composto polar, permite que ela seja capaz de hidratar íons, moléculas polares (MORTIMER, 1996).

Quando a água se encontra no estado líquido, várias moléculas se ligam, por interação eletrostática, ou seja, a região de carga parcial positiva de uma molécula irá se ligar a região de carga parcial negativa de outra molécula, através da ligação de hidrogênio (CARMONA, et al., 2016).

As ligações de hidrogênio ligam uma molécula de água a outras moléculas de água, porém, é a ligação covalente que liga os átomos para a formação das moléculas (CARMONA, et al., 2016). A Figura 2, ilustra as interações das moléculas de água.

Figura 2: Representação das forças intermoleculares e intramoleculares da molécula de água: (x) polaridade das moléculas; (y) Ligação covalente e (z) Ligações de hidrogênio



Fonte: Autoria própria

Uma das propriedades essenciais da água é que ela é um solvente superior a outros líquidos comuns, isso ocorre devido a polaridade que ela possui que é compreendida por meio do ângulo de ligação de $104,5^\circ$ entre as ligações dos átomos de Hidrogênios e do Oxigênio.

A água é a única substância que nas condições físico-químicas da Terra, pode ser encontrada nos três estados físicos da matéria (MORTIMER, 1996) os quais são: sólido, líquido e gasoso. Ela pode transitar de um estado físico para outro quando submetida a condições que proporcionem essa mudança. Sua constituição física e propriedades apontam características singulares que a distingue das demais substâncias (DUARTE, 2014).

Possui calor específico de $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e condutividade térmica de $0,598 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ no estado líquido, quando comparada a outros líquidos sua condutividade é considerada alta. Devido a isso, consegue absorver uma grande quantidade de calor sem alterar significativamente a temperatura, mas se a água estiver em seu estado sólido, sua condutividade será de $2,4 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, sendo considerada um isolante térmico quando relacionada a outros sólidos (DUARTE, 2014).

Quando se fala de densidade, é uma das substâncias que quando se solidifica fica menos denso, isso explica por que em seu estado sólido (gelo), flutua na água em estado líquido (DUARTE, 2014).

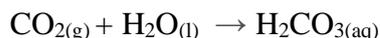
Seu estado líquido possui um dos mais altos calores de fusão, o qual é de 333 J g^{-1} . Além do mais, o calor de vaporização também é um dos mais elevados tendo um valor de 2250 J g^{-1} o que permite que a água consiga absorver boa parte da energia solar que atinge a Terra e é vaporizada (DUARTE, 2014).

Outra propriedade é a sua tensão superficial, que em relação a outros líquidos é elevada, tendo um valor de $0,073 \text{ J m}^{-2}$. Outra característica é a sua baixa viscosidade que tem um valor de $0,001 \text{ N s m}^{-2}$, sendo capaz de atingir as profundezas da terra (DUARTE, 2014).

Possui uma constante dielétrica (ϵ) de 80, o que a torna um líquido superior dentre outros, assegurando que sais minerais e muitas moléculas sejam solúveis nela (DUARTE, 2014).

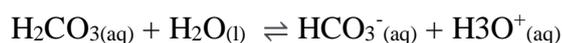
A água reage formando outras substâncias em meio aquoso. Um exemplo disso é o dióxido de carbono (CO_2) o qual sendo solubilizado em água, forma o ácido carbônico (H_2CO_3) (DUARTE, 2014). A Equação 1 representa a reação química de formação do ácido carbônico.

Equação 1. Formação do ácido carbônico



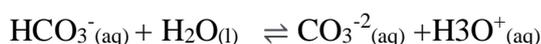
O ácido carbônico em contato com solução aquosa pode sofrer duas dissociações. A primeira dissociação do ácido carbônico pode ser representada por meio da Equação 2.

Equação 2. Primeira ionização do ácido carbônico



Como apresentado na equação 2, os produtos formados na reação foram o bicarbonato de sódio e o íon hidrônio. Após isso, ocorre a segunda dissociação, a qual está expressa na Equação 3.

Equação 3. Segunda ionização do ácido carbônico



Na equação 3, foi apresentado a formação do íon carbonato CO_3^{-2} , esse íon interage com cátions como os metais alcalinos terrosos e a partir dessa interação ocorre a formação de carbonatos, os quais quando estão solubilizados atuam provocando reações de dissolução e precipitação na natureza (DUARTE, 2014).

O conhecimento químico sobre as características da água, é fundamental para explicar fenômenos da natureza como a acidificação de rios e águas subterrâneas; solubilização de compostos com metais pesados; solubilidade de carbonatos como magnésio e cálcio (DUARTE, 2014), a salinização do solo; irrigação; chuva de granizo; núvens, água potável e sua escassez; temperatura; pressão do vapor; pressão atmosférica; evaporação da água; umidade do ar; fotossíntese (QUADROS, 2004).

Observa-se que suas propriedades fazem dela uma substância bastante útil para a sociedade em diferentes segmentos, principalmente na alimentação. Na produção do pão, ela é essencial desde os grãos utilizados na elaboração da farinha de trigo, quanto no processo de produção. Nos grãos, a água é uma das matérias-primas que auxilia no desenvolvimento microbiano, além disso, é o solvente para que as substâncias possam reagir entre si (CUNHA, 2012).

A água não somente atua como solvente, ela distribui de forma uniforme os ingredientes na massa; dilui os componentes hidrófilos; e hidrata as proteínas presentes na farinha de trigo, contribuindo assim para que o glúten seja desenvolvido (MATTOS, 2010). Além disso, permite que o meio fique úmido, o que contribuirá nas atividades fermentativas e enzimáticas que existem no processo. A temperatura da água deve estar em um intervalo de 40 a 42°C (AQUINO, 2012).

É preciso considerar a quantidade de água a ser colocada na preparação do pão, pois a dosagem certa é que permitirá que a massa adquira consistência, maciez e textura. Se a quantidade de água for insuficiente à medida apropriada, a hidratação do glúten não será suficiente, para desenvolver a elasticidade na massa do pão (AQUINO, 2012).

A água utilizada no processo deve ser potável, minimizando a chance de microrganismos patogênicos serem transferidos da água para o alimento que será produzido (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

2.2. Farinha de Trigo

A farinha de trigo (Figura 3) tem como principal ingrediente o “trigo”. Ele é um cereal da família Gramíneae, do gênero *Triticum* (exceto o *Triticum durum*) que é o segundo grão mais produzido em todo o mundo (NIEVINSKI, 2009).

Figura 3: Farinha de Trigo



Fonte: Acervo autoral

Existem testes que estudam os grãos e fornecem detalhes sobre a farinha de trigo. O teste denominado **Alveografia** possibilita uma compreensão sobre características inerentes a massa, como a tenacidade, extensibilidade e o trabalho mecânico fundamental necessário para que ela aumente. Além disso, faz uma análise das propriedades viscoelásticas da massa formada a partir da farinha de trigo (BRASIL, 2001).

Outro teste é o **Número de Queda**, ele efetua a medida indireta da concentração da enzima alfa-amilase que é uma enzima importante na composição da farinha de trigo. Já o teste denominado **Farinografia**, é responsável por analisar as propriedades da mistura, considerando o tempo em que a massa mantém sua consistência (BRASIL, 2001), ele também observa as propriedades reológicas da farinha de trigo, sua resistência e sua pegajosidade (LACOVSKI et al., 2019).

Esses testes analíticos apontam que os grãos de trigo conseguem produzir uma massa perfeita para a panificação (NASCIMENTO, 2008). Dessa forma, os grãos de trigo passam por um processo de moagem, a fim de produzir a farinha de trigo (NUNES, 2008). Inicialmente os grãos são separados de maneira densimétrica, os grãos anormais são retirados com a ajuda de uma peneira com aspiração de ar. Há também a separação magnética, na qual o trigo é separado das pedrinhas que possam ter permanecido com ele apesar das separações anteriores terem ocorrido (PINTO, 2010).

Após isso, ocorre um processo de desinfestação dos grãos, em que ocorre a ruptura de ovos de larvas e a morte dessas larvas de insetos encontrados nos grãos. Além disso, a massa passa por um processo de umidificação para evitar o superaquecimento dos cilindros que realizam a moagem. Além do mais, faz uma distinção da farinha produzida e do farelo do grão (PINTO, 2010).

A moagem dos grãos faz a trituração e raspagem do trigo, obtendo-se assim partículas da região endosperma juntamente com o farelo em diferentes tamanhos. Leva-se o produto obtido para a peneiração, para que haja uma distinção das partículas finas das grossas. As finas são postas em cilindros de compressão e as grossas seguem para peneiras com aspiração. Dessa forma, são encaminhadas para cilindros que efetuam a redução das partículas, para depois serem enviadas para cilindros de compressão, até alcançarem uma granulometria adequada (PINTO, 2010).

Com a finalização dessas etapas, os grãos usados para a produção da farinha de trigo, recebem dosagens de branqueador, ácido fólico e ferro. Assim é homogeneizada e armazenada para ser levada até uma turbopeneira do envase, com o intuito de as peças metálicas advindas de equipamentos contaminantes sejam retiradas e não ameaçar a seguridade da farinha. Por fim, é embalada mecanicamente ou manualmente (PINTO, 2010) ficando pronta para ser guardada e distribuída (LACOVSKI et al., 2019).

Para facilitar o processo de moagem é preciso a presença de água, pois o trigo a absorve, ficando inchado, provocando o rompimento do pericarpo e do endosperma, deixando as partículas da região do endosperma aglutinadas umas às outras, possibilitando uma maior eficiência durante a peneiração (PINTO, 2010).

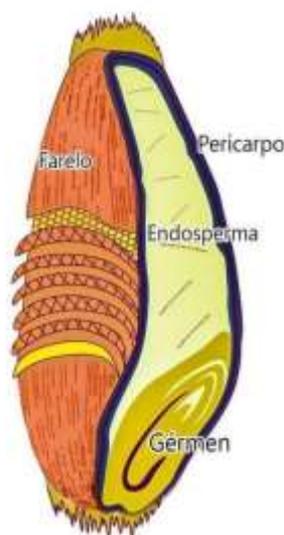
A qualidade tecnológica da farinha de trigo é referente às propriedades do grão de trigo, o material mineral, as proteínas, os lipídios e sua umidade (COSTA et al., 2008). Os grãos têm um aspecto oval e sua estrutura se divide nestas três regiões, as quais são: gérmen que é o embrião de uma nova planta; o pericarpo que é a casca da semente a qual é rica em celulose (NIEVINSKI, 2009) e em minerais, proteínas e pentosanas (RAGUZZONI, 2007) e por fim, a semente que é formada pela cobertura e endosperma (NIEVINSKI, 2009).

O grão do trigo (Figura 4) possui 80% de endosperma, 17,5% de casca e 2,5% de gérmen (NASCIMENTO, 2008). As proteínas do trigo encontram-se, sobretudo no endosperma, mas também nas fibras e no gérmen (MANDARINO, 1994). Além do endosperma possuir a maior parte das proteínas, encontra-se nele também carboidratos, ferro, vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, amido e fibras). Já o gérmen possui quantidades de proteínas,

porém, tem maior quantidade de vitaminas e traços de minerais (NASCIMENTO, 2008). Além disso, possui açúcares redutores (RAGUZZONI, 2007) e lipídios (NIEVINSKI, 2009).

Os lipídios na farinha de trigo participam na formação da rede glúten através de glicolipídios e monodiglicerídios que se unem ao amido mediante as interações com a amilose (AQUINO, 2012). A figura 4 representa uma ilustração do grão de trigo.

Figura 4: Ilustração do grão de trigo



Fonte: Autoria própria

O endosperma é a região na qual se obtém a farinha de trigo, pois há a existência do amido em grande quantidade, o qual é essencial para sua extração (NIEVINSKI, 2009).

A farinha de trigo possui em sua composição, principalmente carboidratos, proteínas, lipídios, minerais, vitaminas e enzimas. Esses componentes auxiliam nas propriedades funcionais das massas que são usadas na produção de pão (DIAS, 2008).

Em sua constituição também são encontrados açúcares, ou podem surgir da maltose procedente da atividade enzimática deles. Esses compostos contribuem nas características organolépticas, seja na cor, no aroma do pão (RODRIGUES, 2012).

Os compostos químicos mais presentes são o fósforo, potássio, magnésio e enxofre. Já as vitaminas encontradas no trigo são riboflavina, tiamina, niacina, piridoxina, vitamina E, ácido pantotênico e ácido fólico (RODRIGUES, 2012).

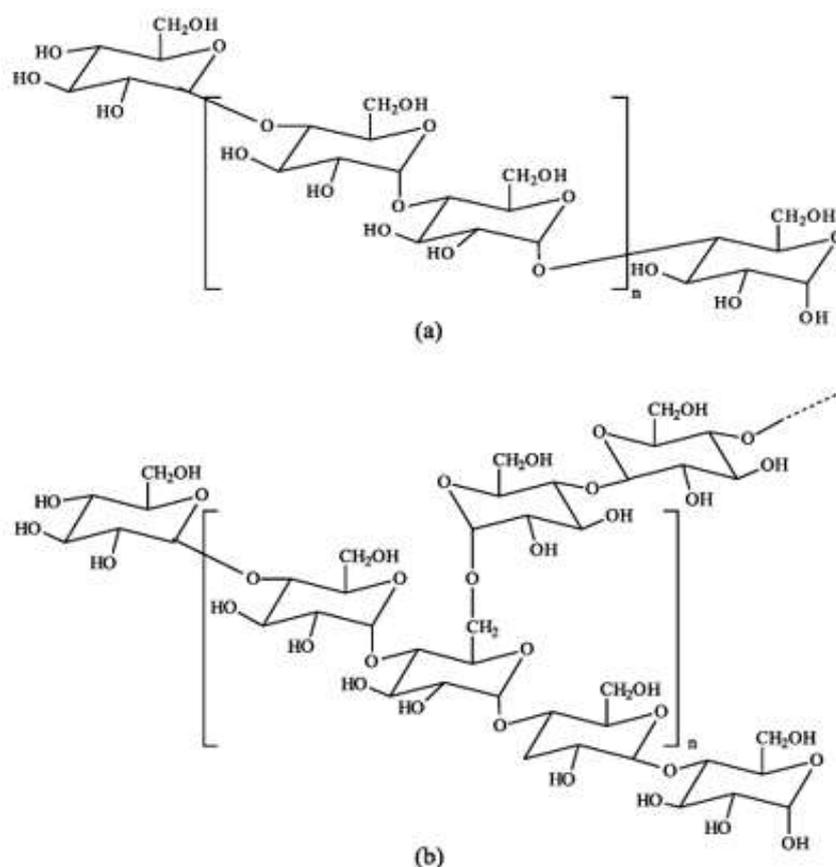
O amido é o outro componente da farinha de trigo, sendo o carboidrato majoritário presente (65%). Encontra-se em formato de grânulos (BARROS, 2015) sendo um grande

gerador de energia. Ele é composto por duas moléculas de polissacarídeos (Figura 5), a amilopectina e a amilose (DIAS, 2008).

A amilopectina (Figura 5b) é um polímero ramificado que sofre quebra pela enzima alfa-amilase. Ela detém uma das maiores massas moleculares dos polímeros que se sucedem na natureza e é constituída de repartições de glucopiranosose unidas por ligações glicosídicas (DIAS, 2008).

O outro polissacarídeo é a amilose (Figura 5a), que é um polímero de estrutura linear formado por porções de glucopiranosose com ligações glicosídicas entre elas (LACOVSKI et al., 2019). Sua estrutura é quebrada pela enzima beta-amilase (DIAS, 2008) a qual, catalisa a hidrólise do amido em açúcares fermentescíveis (que sofrem fermentação alcoólica) e dextrinas (polissacarídeos de cadeia curta, originados a partir de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6) (SANTANA, 2007). Tanto a amilopectina quanto a amilose influenciam nas características do pão (BARROS, 2015).

Figura 5: Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b)



Fonte: CORRADINI, et. al., (2005)

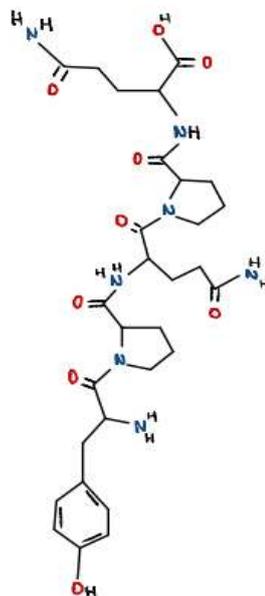
O trigo possui proteínas que podem ser agrupadas de acordo com as suas especificidades que são: metabólicas, estruturais ou de reservas. As proteínas metabólicas são as globulinas que são solúveis em solução salina e as albuminas que são solúveis em água. Essas proteínas metabólicas auxiliam no desenvolvimento do grão e no início da germinação.

Já as proteínas estruturais ou de reservas fazem parte do grupo das prolaminas que são solúveis em solução alcoólica e as glutelinas que são solúveis em solução ácida ou alcalina. Essas proteínas de reserva abrangem respectivamente as proteínas gliadinas e gluteninas, as quais são fonte de aminoácidos para o crescimento do embrião no período de germinação e formadoras de glúten (RAGUZZONI, 2007) (NASCIMENTO, 2008).

O trigo também possui resíduo proteico em sua composição, o qual é insolúvel em soluções ácidas, alcalinas diluídas, alcoólicas e pode ser usado como um parâmetro essencial na qualidade do pão produzido (MANDARINO, 1994).

As proteínas gliadinas (Figura 6) e gluteninas interagem entre si para a formação do glúten (MANDARINO, 1994). A gliadina aparece em forma monomolecular, sendo estabilizada por pontes dissulfeto intramoleculares, são solúveis em soluções alcoólicas que tenham 70% de etanol. Possuem massa molecular de 40.000 u, são pegajosas quando hidratadas e tem uma conformação que permite alta extensibilidade e baixa elasticidade à massa (NASCIMENTO, 2008).

Figura 6: Fragmento de Gliadinas



Fonte: Autoria própria

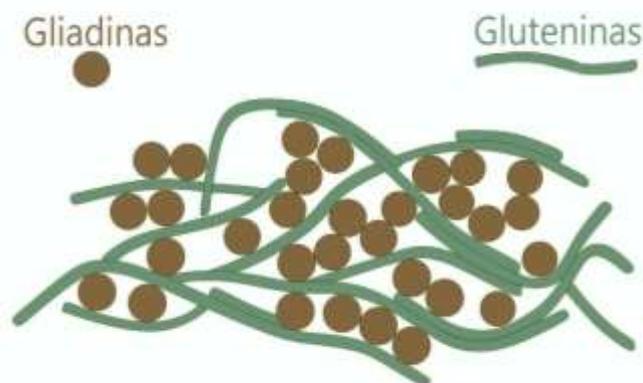
As gluteninas são proteínas poliméricas devido possuir inúmeras unidades de aminoácidos. Suas propriedades conferem elasticidade e flexibilidade ao glúten (NASCIMENTO, 2008). A sua massa molecular é acima de 100.000 u, possuem pontes dissulfeto intramoleculares e intermoleculares e são solúveis em soluções alcalinas diluídas ou ácidas. Elas também possuem a capacidade de formar complexos com os lipídios (MANDARINO, 1994).

Tanto gluteninas como gliadinas podem ser separadas de maneira relativamente pura, pois são insolúveis em água (NASCIMENTO, 2008). A estabilidade dessas proteínas se dá especialmente por conta das ligações de hidrogênio entre as amidas presentes na glutamina com outros radicais, que são vulneráveis a essa interação, e são suscetíveis às pontes dissulfeto e às interações hidrofóbicas.

Nas gliadinas, as pontes majoritariamente ocorrem internamente na molécula, unindo partes da mesma proteína. Enquanto nas gluteninas, essas pontes juntam cadeias de proteínas (AQUINO, 2012).

Ao realizar a combinação dessas proteínas em água por meio da ação mecânica, ocorre através de ligações, a formação do glúten, que constituirá uma rede tridimensional com características como a viscoelasticidade, essa rede prende o gás carbônico que é formado na fermentação (NASCIMENTO, 2008). A Figura 7 é uma representação do glúten, que é um complexo protéico formado devido à combinação das proteínas gliadinas e gluteninas entre si.

Figura 7: Representação do Glúten



Fonte: Autoria própria

O glúten é um complexo proteico insolúvel que pertence ao grupo prolaminas e gluteninas, encontrados no trigo, aveia, cevada e centeio (SULZBACH; BRAIBANTE; STORGATTO, 2015). Conhecido como complexo proteico, ele se origina mediante a ação

mecânica da farinha de trigo hidratada (aproximadamente 60% de hidratação). Dessa forma, as proteínas presentes no complexo originado, vão concedendo à massa, características, uma delas é a elasticidade. Isso permite que a massa consiga se expandir durante a etapa de fermentação, em que é produzido o gás CO_2 (CÉSAR et al., 2006), o qual fica impregnado na rede desse complexo, fazendo com que a massa seja porosa (SULZBACH; BRAIBANTE; STORGATTO, 2015).

Há também outras proteínas no trigo que são consideradas como não formadoras do glúten. Essas proteínas são as albuminas e as globulinas. Elas possuem baixa massa molar, são solúveis em água, e em sua maior parte são enzimas (NASCIMENTO, 2008).

A composição da farinha de trigo permite que ela seja usada no setor da panificação, pois é um cereal com capacidade de desenvolver uma massa de característica viscoelástica. Essa massa consegue segurar o dióxido de carbono (CO_2), o qual é produzido na etapa de fermentação. A presença das proteínas formadoras do glúten auxilia nesse processo durante o período inicial do cozimento do pão (RAGUZZONI, 2007).

2.3. Sal de Cozinha (NaCl)

No mar encontram-se milhões de toneladas de sal, sendo que, o cloreto de sódio (NaCl) é o que está diluído em maior abundância entre os outros sais presentes (SOUTO, 2018). A figura 8 representa uma amostra de cloreto de sódio, popularmente conhecido como sal de cozinha.

Figura 8. Cloreto de Sódio (NaCl)



Fonte: Acervo autoral

Existem diferentes formas de se obter esse composto, por exemplo, a mineração de jazidas, em que retiram o sal de rocha e dissolvem-no em água, a fim de preparar uma solução de 25% de cloreto de sódio. Outra forma é por meio da evaporação da água do mar, a qual passa

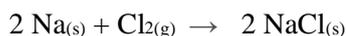
por uma etapa de purificação (através de um processo de cristalização), podendo ser comercializado como sal natural ou grosso, o qual possui em sua composição sais de magnésio e vários elementos presentes no oceano (PEIXOTO, 2003).

Sua proporção estequiométrica é igual entre os átomos envolvidos (1:1), (MENDONÇA, et al., 2020) e os átomos desse composto associam-se entre si, espontaneamente por meio de um processo exotérmico (SOUTO, 2018). Os compostos iônicos são sais, sulfetos metálicos, óxidos metálicos, hidróxidos e a maioria dos compostos inorgânicos. Eles são unidos por ligações iônicas (QUADROS, 2004).

Essas ligações realizam a transferência de um ou mais elétrons de valência de um átomo para outro. Dessa forma, dá origem a íons positivos (+) que são denominados cátions e negativos (-) que se chamam ânions (KHOTZ E JR., 2002).

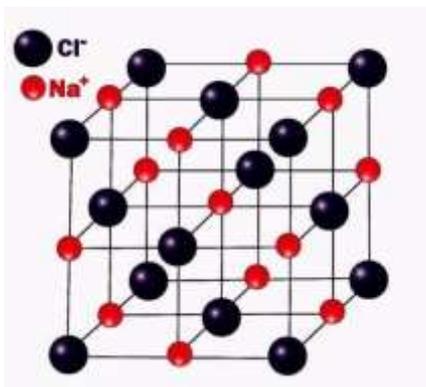
O composto iônico cloreto de sódio se origina quando o sódio metálico reage com o cloro gasoso, provocando uma reação com liberação de bastante energia (KHOTZ E JR., 2002). A Equação 4, representa essa reação química.

Equação 4. Formação do composto Cloreto de Sódio



O composto formado é sólido e sua estrutura possui íons positivos e negativos, os quais passam por um processo até formarem a rede iônica sólida tridimensional, onde os íons Na^+ e Cl^- ficam unidos por ligação iônica (KHOTZ E JR., 2002). A figura 9 é uma representação dessa rede cristalina.

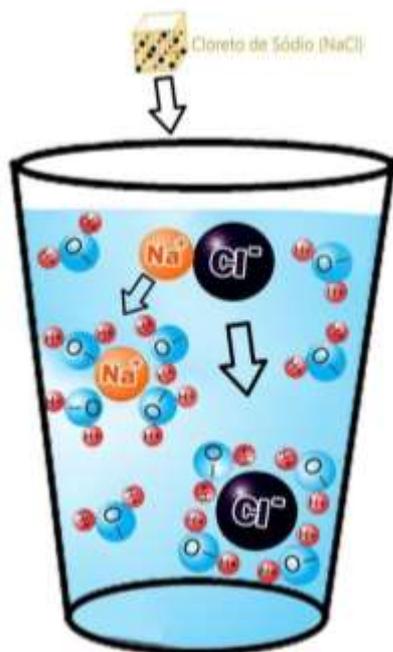
Figura 9: Representação da rede cristalina do cloreto de sódio



Fonte: Autoria própria

Quando o cloreto de sódio sólido é adicionado em água (Figura 10), ocorre sua dissociação liberando os íons Na^+ (cátion sódio) e Cl^- (ânion cloreto), os quais ficam cercados por moléculas de água (CHEMELLO, 2005).

Figura 10: Ilustração da dissociação do composto $\text{NaCl}_{(s)}$ em água



Fonte: Autoria própria

Suas características físico-químicas são conquistadas a partir dos seus elementos químicos, os quais são: o sódio e o cloro elementar, ao se ligarem tem massa molar $58,443\text{g mol}^{-1}$. Para ser apropriado para o consumo, deve ser processado para que as impurezas sejam expelidas, além disso, contém antiaglutinantes como o fosfato de cálcio cristalizado, homogêneo, inodoro, retirado de fontes naturais (SOUTO, 2018).

O NaCl possui muitas características, por esse motivo desde os tempos da antiguidade tem sido usado por diversos povos, que atribuíam funções variadas para esse composto. Por um tempo, ele foi utilizado como forma de pagamento pelos romanos (SOUTO, 2018), surgindo assim o termo salário (PEIXOTO, 1999). Para o povo oriental era visto como marca de amizade, os quais usavam o termo aliança de sal para designar o apreço que possuía por alguém. Para os hebreus, o sal era tido como um elemento purificador (SOUTO, 2018). Além desses aspectos históricos, o sal tem importância em indústrias têxteis; na produção de ácido clorídrico; borracha; cloro; sabão e diversos produtos (SOUTO, 2018).

Para o consumo alimentício, é encontrado em condições normais, na forma de um sólido branco cristalino, disposto no cátion sódio e ânion cloreto com fórmula molecular NaCl (SOUTO, 2018).

Possui sabor salino-salgado natural, inodoro, granulometria homogênea e livre de impurezas (SOUTO, 2018). Além do mais deve passar por aditivos como iodatos (PEIXOTO, 2003).

Na produção de pães, é essencial para dar sabor e para fortalecer a massa, pois, a proteína gliadina que contribui na formação do glúten, se solubiliza pouco em água com sal. Isso permite que o glúten seja melhor desenvolvido na massa, a qual cresce com fibras curtas devido à presença das forças eletrostáticas presentes no cloreto de sódio, que proporcionam rigidez à massa (AQUINO, 2012).

Além disso, atua no fortalecimento do glúten por meio da combinação das pontes salinas com as proteínas e contribui na redução da fermentação (BENASSI e WATANABE, 1997). Os íons Na^+ e Cl^- provenientes do composto NaCl, relacionam-se com aminoácidos cheios de glúten, proporcionando que a interação seja mais potente e estabilizando mais eficazmente as proteínas (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Também atua controlando a atividade das leveduras para que a fermentação não seja rápida demais, ele diminui a degradação do açúcar e opera como fixador de umidade devido possuir propriedades extremamente higroscópicas (que atrai umidade) que contribuem para que o pão fique mais macio e com durabilidade (SANTOS E PRATA, 2018).

Além do mais, esse composto mantém o sabor da farinha, pois atrai para si as vantagens provenientes de aromas naturais. O sal também promove clareamento deixando o miolo branco e concedendo cor a crosta do pão. Sem a adição dele, a massa teria um aspecto quebradiço e pegajoso, ficando sem volume e consistência (CANELLA-RAWLS, 2003)

2.4. Fermento Biológico

O fermento é composto por leveduras que são fungos de natureza unicelular, *Saccharomyces cerevisiae*, que se desenvolvem em uma temperatura ótima entre 20 e 30°C. Além disso, meios que possuem pH ácido, também favorecem o seu crescimento. Essas leveduras podem ser encontradas na água, solo, plantas, ar e animais (AQUINO, 2012).

No processo da fermentação, as células da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, produzem CO_2 (CÉSAR et al., 2006) devido a transformação alcoólica de açúcares (AQUINO,

2012). A figura 11 representa uma amostra de fermento biológico seco, o qual contém a levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 11. Fermento Biológico



Fonte: Acervo autoral

Essa levedura possui elevada pureza e (SILVA E FRÍSCIO, 2020) conseguem sobreviver sem a presença do oxigênio, transformando hidratos de carbono em etanol e dióxido de carbono. Sua atividade sofre influência de fatores como o pH, os nutrientes que estão disponibilizados e as substâncias que conseguem acelerar ou impedir o crescimento e inibir o processo de fermentação (AQUINO, 2012).

A *Saccharomyces cerevisiae* foi analisada por Louis Pasteur, no século XIX. O qual observava a ação orgânica de fungos fermentadores (BITTENCOURT et al., 2021). A partir dessas análises foi ocorrendo um avanço na utilização e aproveitamento do fermento biológico. Dessa forma, foi se desencadeando a produção comercial do fermento biológico (SILVA, 2018).

No setor alimentício, o fermento biológico comercial é encontrado na forma fresca, seca ou instantânea. Suas leveduras foram escolhidas com o intuito de se desenvolverem o mais rápido possível. Assim, quando inserido na massa do pão, esta cresce de maneira acelerada quando comparada com a ausência do fermento. A razão desse crescimento é devido a liberação de dióxido de carbono que há na massa durante a fermentação (SILVA E FRÍSCIO, 2020). Essa liberação de CO₂ ocorre devido a levedura consumir os açúcares presentes na farinha, convertendo-os em CO₂ e C₂H₅OH (BENASSI e WATANABE, 1997).

O fermento natural é um ingrediente essencial neste processo de panificação, pois, as leveduras presentes consomem os açúcares simples como glucose e frutose que estão na farinha. Após a quebra desses açúcares simples, as enzimas alfa-amilases atuam facilitando a quebra

dos grânulos de amido, ou seja, elas digerem o amido parcialmente (SILVA e FRÍSCIO, 2021) convertendo-o em substrato para a levedura, à medida que a fermentação ocorre (AQUINO, 2012). Além disso, as enzimas alfa-amilases quebram o amido em moléculas como as dextrinas, isso contribui para a ação da enzima beta-amilase, a qual irá converter o amido em maltose. Essa maltose também será fermentada pelas leveduras (ALMEIDA, 2015).

Em suma, o fermento expande a massa, atua na textura e no aroma do pão, no volume, na cor, isto é, fatores que são imprescindíveis para que o pão seja de qualidade (ALMEIDA, 2015).

2.5. Ingredientes que podem ser acrescentados

Na produção do pão os ingredientes essenciais usados são: farinha de trigo, água, sal e fermento biológico. Nas etapas dessa produção é possível perceber que ocorrem diversos processos químicos.

Além dos ingredientes sal, farinha, água e fermento biológico, podem ser acrescentados outros que não são classificados como essenciais, mas que agregam mais peculiaridades ao pão, seja no sabor, textura e no aspecto. (CANELLA-RAWLS, 2003).

O ovo, por exemplo, é um ingrediente não essencial na produção do pão, porém quando é adicionado, auxilia na textura, no sabor, na cor, agregando mais valor nutritivo (CÉSAR et al., 2006).

A gordura também é um ingrediente considerado não essencial na produção do pão. Mas, como ela é composta especialmente de glicerídeos de ácidos graxos que contém certas quantidades de fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres, elas poderão contribuir proporcionando maciez ao pão (AQUINO, 2012). Além desses ingredientes também podem ser acrescentados leite, óleos, e outros com a finalidade de deixar o pão ainda mais saboroso (RICHTER, 2019).

3. PROCESSOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DO PÃO

3.1. Pesagem

A pesagem de cada ingrediente é a primeira etapa no processo de produção do pão. Para um resultado de qualidade é fundamental que os ingredientes estejam em proporções adequadas para fazer a massa (VIANA; GERALDINA; DITTRICH, 2012). Em virtude disso, realizam-se

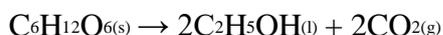
medições, sejam elas feitas por massa ou volume, por meio de uma balança ou copos medidores (CANELLA-RAWLS, 2003).

3.2. Mistura

Nesta etapa (Figura 12) são misturados todos os ingredientes essenciais para a produção do pão. Para dar início a esse processo, emprega-se uma energia (AQUINO, 2012) a qual pode se dar por meio de um esforço mecânico (FARIA e RIBEIRO, 2010).

O glúten vai se desenvolvendo por meio de ligações hidrogênio, dessa forma a massa vai adquirindo consistência (FARIA e RIBEIRO, 2010). No início a massa possui aspecto viscoso, mas ao final torna-se firme e homogênea (BENASSI e WATANABE, 1997). A Equação 5, demonstra a reação química que ocorre neste processo.

Equação 5. Metabolização dos açúcares realizada pela *Saccharomyces cerevisiae*



Como foi apresentado na equação 5, os produtos formados neste processo de metabolização dos açúcares são, o etanol e o gás carbônico, os quais ficam retidos na massa (SILVA E FRÍSCIO, 2021).

Figura 12: Processo de mistura dos ingredientes para formação do pão. (a) mistura entre o fermento biológico e a farinha de trigo; (b) adição do sal de cozinha a mistura; (c) adição de água a mistura; (d) homogeneização de todos os ingredientes



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Acervo autoral

3.3. Sova e Fermentação principal

Realizada a etapa da mistura, inicia-se a etapa da sova (Figura 13), que é o processo de comprimir a massa diversas vezes (VENQUIARUTO et., 2011). Esse procedimento permite que haja a reação química das proteínas presentes na farinha de trigo, as quais permitem a constituição do glúten (CAUVAIN E YOUNG, 2009). Essas proteínas são fundamentais para que a massa do pão adquira características como, ser bem elástica e levedada de forma fácil, podendo chegar a um tamanho grande (RAGUZZONI, 2007).

A levedura presente no fermento natural, leva em torno de 45 minutos para que, em condições adequadas de temperatura e pH do meio, dê início propriamente a fermentação (ALMEIDA, 2015). Neste período vai ocorrendo um desenvolvimento maior do glúten, trazendo consistência, textura e maciez para a massa (CÉSAR et al., 2006).

A interação entre as moléculas de gliadinas e gluteninas também contribuem para o desenvolvimento do glúten (VENQUIARUTO, 2011) pois, as propriedades reológicas dele são diretamente influenciadas pela porção e qualidade dessas proteínas (RAGUZZONI, 2007) que acabam se entrelaçando uma na outra (CUNHA, 2017). Dessa maneira esse complexo proteico (glúten) vai adquirindo suas características (VENQUIARUTO, 2011).

Especificamente, a característica da elasticidade é obtida por meio da fração de proteína glutenina. Já a viscosidade é por causa da gliadina. Esses aspectos são fundamentais na produção do pão, pois a viscosidade permite que a massa se desenvolva, enquanto a elasticidade faz com que a massa aguente a fermentação e a pressão do amassamento (RAGUZZONI, 2007). A Figura 13a mostra como é feito o processo de sova da massa. Já a Figura 13b mostra o momento que ocorre a fermentação principal do processo.

Fonte: Autoria própria

A cisteína forma pontes dissulfeto, contribuindo bastante na estrutura tridimensional das proteínas (FARIA E RIBEIRO, 2010). Além disso, ela auxilia na funcionalidade do glúten. Pode formar ligações dissulfeto intramoleculares em uma proteína, porém entre as proteínas, pode formar ligações intermoleculares (RAGUZZONI, 2007).

Essas pontes dissulfeto dos aminoácidos das cisteínas, presentes nas proteínas gluteninas, precisam ser rompidas para que não impeçam o processo da massa de se tornar elástica. Com o rompimento dessas pontes ocorre uma reação de troca que determina a ação do sistema de óxido-redução presente na farinha de trigo (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Na farinha de trigo é encontrada enzimas do tipo alfa (α) amilases e beta (β) amilases que possibilitam a ruptura do amido presente na farinha de trigo. Este amido fornece açúcar para o fermento (CANELLA-RAWLS, 2003). Açúcares como maltose e glicose surgem fazendo com que a levedura *Saccharomyces cerevisiae* venha a produzir gás carbônico e etanol. O etanol é um dos maiores responsáveis pelo aroma do pão. As enzimas alfa-amilases além de participarem da quebra do amido (ALMEIDA, 2015) auxiliam nas características que contribuem para a qualidade do pão, pois, intensificam a extensibilidade da massa e reduzem a elasticidade (QUEJI; SCHEMIN; TRINDADE, 2006).

Há ainda outras enzimas atuando, são as proteases, elas rompem as proteínas do glúten, dão elasticidade para a massa e absorvem água (FARIA E RIBEIRO, 2010). A estrutura do glúten é covalente, mas é sobreposta por ligações não covalentes que auxiliam na agregação de proteína ao glúten e contribuem nas propriedades e na estrutura da massa do pão.

Essas ligações não covalentes são ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio (que podem ser evidenciadas nas proteínas do glúten, no esmorecimento da massa por agentes que rompem as pontes) e as ligações iônicas as quais são notadas pelo efeito reforçador do Cloreto de sódio (NaCl) (RAGUZZONI, 2007).

O composto NaCl auxilia no processo de formação do glúten, isso ocorre, devido a proteína gliadina possuir baixa solubilidade em meio aquoso com sal. Assim, a massa formada com água e sal, tende a originar uma maior quantidade de glúten com fibras curtas, devido às forças de atração eletrostáticas que se dão na massa com sal (AQUINO, 2012).

Esses processos químicos ocorrem durante o período de fermentação, o que favorece a expansão da massa, pela produção de bolhas de gás de dióxido de carbono (CO₂) dentro dela (FARIA E RIBEIRO, 2010). Ainda durante a fermentação, há a ação das leveduras, oriundas do amido da farinha de trigo. Elas agem sobre os açúcares disponíveis. A atuação delas

consistem em transformar esses açúcares em álcool etílico e gás carbônico (FARIA E RIBEIRO, 2010) (CUNHA, 2012).

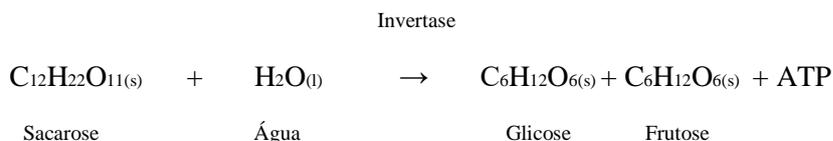
Devido a presença do gás carbônico produzido, quando a massa é exposta ao calor, ela se expande, ficando leve e porosa (SULZBACH et al., 2015). Essa etapa da fermentação deve ocorrer em uma temperatura de 20° a 38°C para que a levedura *Saccharomyces cerevisiae* provoque a reação bioquímica que transforme a glicose (C₆H₁₂O₆) em gás carbônico (CO₂) (VENQUIARUTO et al., 2011).

Quando se quebra a molécula de glicose em duas moléculas de piruvato, pode-se obter o CO₂ e etanol (C₂H₅OH). O etanol é um composto que faz parte do grupo alcoóis, visto que, em sua composição há a presença de carbonos saturados ligados a uma hidroxila (FARIA E RIBEIRO, 2010).

Nesta reação química há também a atuação de enzimas catalisadoras, as quais surgem por causa da presença da levedura *Saccharomyces cerevisiae* com o açúcar. Essas enzimas são chamadas de invertase e zimase. Inicialmente surge a invertase na reação (Equação 6) de hidrólise da sacarose e após isso, a enzima zimase aparece para catalisar a reação de glicose e frutose em etanol (FARIA E RIBEIRO, 2010).

As reações químicas na fermentação podem ser representadas pelas equações 6 e 7.

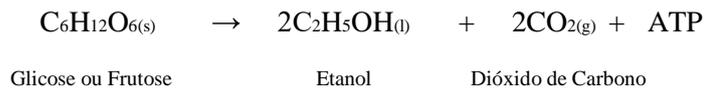
Equação 6. Hidrólise da sacarose através da enzima invertase



Como a equação 6 apresenta, os reagentes formados foram a sacarose e a água, que sob ação da enzima invertase, formam glicose e frutose e como a reação é exergônica também libera ATP (adenina trifosfato) que é energia química.

A partir dos produtos formados inicia-se a segunda reação química (Equação 7), com a participação da enzima Zimase, liberando como produtos o gás carbônico, o álcool etílico e energia (FARIA e RIBEIRO, 2010).

Equação 7. Reação de catálise da glicose e frutose que foram desenvolvidas na hidrólise da sacarose

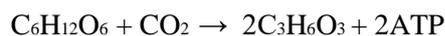


Para que as reações químicas (Equação 6 e 7) ocorram, é preciso considerar o parâmetro temperatura, o qual é essencial no processo de fermentação. De acordo com Almeida (2015) a temperatura deve estar em uma faixa em torno de 30°C para que a fermentação ocorra rapidamente (ALMEIDA, 2015). Entretanto, para outros autores como Venquiaruto et al. (2011) a temperatura pode variar para 33°C, sendo que, se a temperatura reduzir para abaixo de 20°C ela será considerada muito baixa para a fermentação suceder (VENQUIARUTO et al., 2011). Todavia, se a temperatura aumentar mais que 33°C, pode ocorrer o risco de as enzimas presentes na levedura, ficarem inativadas (ALMEIDA, 2015).

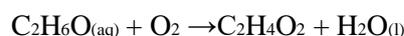
Outro fator importante para as reações bioquímicas serem desempenhadas com êxito é o pH do meio. O pH na massa não fermentada fica em torno de 6,2 (BENASSI e WATANABE, 1997). Mas, no processo de fermentação ele deve variar entre 4 e 6. Assim, as leveduras metabolizam os açúcares, produzindo dióxido de carbono e etanol e outros componentes voláteis (ALMEIDA, 2015).

Na fermentação também ocorre a formação de ácidos orgânicos, que elevam a acidez da massa e provocam a diminuição do pH do meio para 4,5, isso contribui na hidratação do glúten, nas reações de oxidação e redução e na velocidade de atuação da enzima (ALMEIDA, 2015). Essa acidez é devido a farinha possuir bactérias do ácido lático que fermentam (Equação 8) a glicose, produzindo ácido lático, o qual é o responsável pela redução do pH da massa, e pela transformação (Equação 9) do álcool em ácido acético. As equações 8 e 9 representam o processo.

Equação 8. Glicose sendo convertida em ácido lático



Equação 9. Etanol reagindo com o oxigênio, formando ácido acético e água



Além da presença dos ácidos orgânicos, há também os álcoois, cetonas, ésteres, éteres, hidrocarbonetos, compostos de enxofre, aldeídos e outros compostos que contribuem no aspecto do pão, como sabor e aroma (ALMEIDA, 2015).

3.4. Divisão, Boleamento e Modelagem

A divisão consiste em repartir a massa em pedaços uniformes (AQUINO, 2012). A divisão pode ser feita manualmente, ou com espátulas, ou com divisoras apropriadas. O objetivo desta etapa é assegurar que os pães adquiram o mesmo padrão de tamanho e peso.

Essa fase é muito importante em estabelecimentos comerciais como panificações que trabalham com produção em série (RICHTER, 2019). A figura 15 mostra a etapa de divisão sendo realizada.

Figura 15: Divisão da massa



Fonte: Acervo autoral

Após a etapa de divisão, a massa irá para a próxima etapa, chamada boleamento. Nesta etapa a massa é boleada com as mãos por diversas vezes, adquirindo assim um formato redondo (RICHTER, 2019).

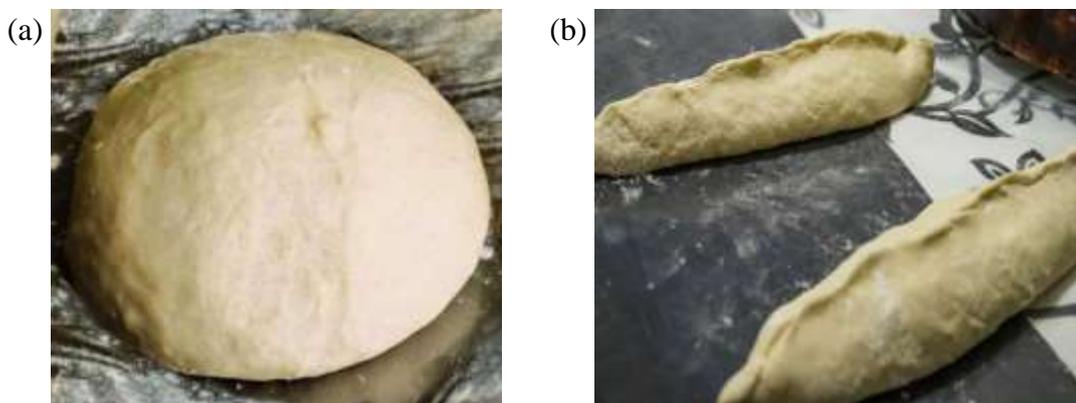
Neste momento vai sendo formada uma película em volta da massa, isso ocorre por conta do estiramento do glúten que está na parte externa da massa, atuando na retenção do gás produzido ao decorrer da fermentação (CANELLA-RAWLS, 2009).

Após o boleamento, a massa fica em descanso por 15 minutos, assim o glúten vai ficando cada vez mais relaxado, tornando a massa mais coesa, contribuindo para a modelagem (RICHTER, 2019).

A etapa da modelagem pode ser realizada de forma manual ou por meio de alguma modeladora mecânica (RICHTER, 2019). Esta etapa é realizada com certa velocidade a fim de evitar perda de umidade e a excessiva fermentação. Dessa forma, modela-se a massa no formato de pão que se deseja obter, seja baguetes, filão, redondo ou outros modelos (RICHTER, 2019).

A Figura 16(a) demonstra o boleamento que é feito em todos os pedaços de massa que passaram pela etapa de divisão. A Figura 16(b) mostra a massa após a etapa de modelagem.

Figura 16: (a) boleamento (b) modelagem da massa.



Fonte: Acervo autoral

3.5. Fermentação secundária e Acabamento

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* continua ainda se decompondo e transformando o substrato por meio de suas células vivas, as quais consomem os açúcares livres oriundos do amido, gerando assim álcool etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) e dióxido de carbono (CO_2). Esse CO_2 cresce dentro da massa, provocando uma redução na densidade da massa, fazendo com que ela seja menor que a densidade da água (VENQUIARUTO et al., 2011).

Já o álcool produzido é evaporado no período do cozimento (CUNHA, 2012). A massa deve ficar em descanso (Figura 17) por um tempo de 90 minutos (ARIMATÉA; PAGANI; E CARVALHO, 2015). É possível perceber que a massa pode ser levada para o forneamento (cocção), através do seu aspecto, o qual aparenta ter dobrado de volume (VENQUIARUTO et al., 2011).

Figura 17: Segunda fermentação da massa



Fonte: Acervo autoral

Neste momento, a massa passa por um acabamento, o qual se resume a uma incisão vertical (Figura 17) que é feita por cima da massa, a fim de possibilitar uma abertura nela. Esse corte é realizado com uma lâmina ou outro aparelho. A incisão tem como objetivo abrandar a pressão que a massa sofrerá na etapa de cocção, pois direciona a saída dos gases e vapores (RICHTER, 2019). Além do mais, contribui aumentando a casca do pão, o que concede ao pão atributos visuais mais atrativos (AQUINO, 2012). No acabamento a massa é também pode ser borrifada com água e polvilhada com farinha de trigo. A figura 18 mostra como é feita a incisão na massa do pão.

Figura 18: Acabamento



Fonte: Acervo autoral

3.6. Cocção

Nesta etapa (Figura 19) a massa é inserida no forno em uma temperatura de 180°C, por aproximadamente 20 minutos (ARIMATEÁ; PAGANI; CARVALHO, 2015). Assim, começa a ocorrer uma pequena vaporização. A figura 19 mostra a massa do pão dentro do forno.

O vapor liberado é condensado sobre a superfície do pão, gerando uma película que proporciona mais suavidade à massa. Há também o aumento do volume do pão pela expansão do CO₂, já a película de água que havia se formado se evapora vagarosamente, permitindo que a casca do pão seja crocante e não tão dura. (AQUINO, 2012).

Figura 19: Etapa da Cocção, onde a massa será aquecida em torno de 20 minutos.



Fonte: Acervo autoral

No período de cocção também se dá a desnaturação proteica; a gelatinização do amido que ocorre em uma temperatura de 60°C; a ativação e inativação das enzimas; a cor e caramelização do pão; e o aroma dele. Os compostos responsáveis pelo cheiro, inicialmente, mantêm-se na crosta formada no pão, sendo em seguida, introduzidos no miolo do pão, onde ficam solubilizados. Além da presença desses compostos, um bom aroma no pão é obtido quando a etapa de fermentação ocorre de forma apropriada (SANTOS e PRATA, 2018).

Há também outros fatores que podem afetar a cocção, um deles é a maneira como o calor é propagado no forno. A distribuição do calor dentro de um forno pode ocorrer por Condução, Convecção e Radiação (OFFREDE, 2015).

Na condução, as moléculas presentes na superfície da massa do pão, quando encontram com substâncias como o ar ou o próprio tabuleiro do forno, elevam sua agitação e colidem com outras que estão em seu interior. Assim, liberam energia, contribuindo para que a temperatura almejada seja atingida (OFFREDE, 2015).

Na convecção, a transferência de calor se dá em fluidos líquidos ou gasosos. Enquanto na radiação o calor é lançado por intermédio de ondas eletromagnéticas, sendo apto a se alastrar no vácuo (OFFREDE, 2015).

3.7. Resfriamento

Nesta etapa ocorre a retrogradação do amido, que é importante para a estabilidade da estrutura final do pão (Figura 20). Neste momento as moléculas de amilopectina vão se unindo por meio das suas ramificações, reduzindo a flexibilidade do gel e favorecendo o endurecimento do miolo do pão (BENASSI e WATANABE, 1997). Além disso, o vapor do pão é liberado, e a temperatura vai diminuindo, desenvolvendo rachaduras em sua casca (VIANA et al., 2017).

No período de saída do forno, o pão não pode ser fatiado imediatamente, pois, pode se deformar, ou ficar sensível a contaminação por fungos. Por essa razão, aguarda-se um tempo a fim de liberar a umidade ali presente. Quando a temperatura do pão atinge a temperatura ambiente do local, o pão pode ser fatiado (RICHTER, 2019). Um fator importante nesta etapa é a higiene do ambiente, a qual é essencial para que o mofo não contamine o pão produzido (AQUINO, 2012). A figura 20 mostra o pão produzido após todas as etapas.

Figura 20: Finalização do pão, após o processo de cocção e etapa de resfriamento



Fonte: Acervo autoral

3.8. Embalagem e estocagem

Os pães produzidos em panificações e mercados são embalados em sacos plásticos de polipropileno (ARNAUT, 2019). Essas embalagens evitam a deterioração e elevam a conservação em prateleira, mantendo o frescor do alimento, além disso, protegem do mofo e garantem higiene (CANELLA-RAWLS, 2003).

Na estocagem os pães que são produzidos em estabelecimentos comerciais, são refrigerados por sete dias. Se ele estiver bem embalado em plástico não reciclado ou em papel-alumínio, pode até ser congelado durante seis meses (CANELLA-RAWLS, 2003). Porém, caso os pães tenham sido produzidos em casa, para o consumo diário, podem ser guardados em sacos de papel, sem necessitar de estocagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse livro paradidático foi elaborado na Universidade Federal de Sergipe (UFS) *Campus* Professor Alberto Carvalho, localizado na cidade de Itabaiana-SE, pela discente Midiã de Lima Santos. Sua elaboração contou com a ajuda da profa. Dra. Valéria Priscila de Barros e da profa. Dra. Ivy Calandrelly Nobre, integrantes do Departamento de Química da UFS.

O livro aborda um pouco sobre a química envolvida no pão, desde seus ingredientes, a sua produção. Ainda há muito a ser abordado sobre a temática química e pão, visto que, existe uma vasta variedade de pães, feitos a partir dos ingredientes básicos, porém, misturados com muitos outros não essenciais.

Os ingredientes não essenciais quando adicionados na produção do pão também influencia nas características que o pão possuirá. Eles são chamados de ingredientes enriquecedores, pois, proporcionam ao pão, mais sabor, auxilia na coloração da casca, ajudam na textura, maciez e aroma.

As gorduras sejam de origem animal como a manteiga ou banha de porco, ou as de origem vegetal, contribuem no aroma, no sabor, na textura do pão. Elas retardam o endurecimento do pão, aumentando o seu tempo de conservação.

A manteiga, quando acrescentada no processo de produção do pão, proporcionará mais sabor a ele.

Os óleos vegetais como o de soja; girassol; milho; canola; oliva, auxilia na maciez e durabilidade do pão. Já o ovo, quando adicionado contribui agregando mais valor nutritivo,

mais cor, mais sabor, além de ajudar a estruturar a massa do pão. A clara do ovo auxilia para que o pão resseque de forma mais acelerada após a etapa de cocção. O leite é um ingrediente que enriquece a massa de diversas formas. Ele proporciona maior estabilidade à massa, aperfeiçoa o sabor e o aroma, auxilia na coloração da casca e na sua textura. O leite proporciona um aumento no valor nutritivo do pão.

Esses e outros ingredientes, quando usados no processo de produção de pão, possibilitam que o pão adquira mais propriedades, podendo deixar o pão ainda mais saboroso.

Esperamos que com a leitura deste livro paradidático, você compreenda um pouco da química envolvida na produção do pão, que é um alimento tão conhecido e consumido por muitos cidadãos.

5. RECEITA DE PÃO

Existem várias maneiras para se fazer pão. A receita a seguir utiliza apenas quatro ingredientes considerados essenciais, os quais são: farinha de trigo, fermento biológico, sal e água.

Atenção as quantidades!

- ✓ 510 gramas de farinha de trigo [3 e $\frac{3}{4}$ xícara de (chá)];
- ✓ 10 gramas de fermento biológico seco;
- ✓ 10 gramas de sal [2 colheres de (chá) rasa];
- ✓ 320 mL de água [1 e $\frac{1}{2}$ xícara (chá)];
- ✓ Farinha e Água a gosto para polvilhar.
- ✓

Figura 21: Etapas de produção do pão



Fonte: Acervo autoral

Modo de Preparo

- Inicialmente os ingredientes devem ser pesados em uma balança, ou através de copos medidores, para se obter as quantidades ideais de cada um. Em seguida, adicione em uma tigela a farinha de trigo, e no mesmo recipiente, acrescente o fermento biológico seco, após isso, misture tudo. Feito isso, adicione o sal e a água fria e misture novamente, até que a massa se torne homogênea.
- Realizada a mistura, retire a massa da tigela e coloque sobre uma bancada. Em seguida, de maneira manual comece a sovar (revolver contra si mesma) a massa por 20 minutos. Após isso, coloque-a dentro de um recipiente com tampa e deixe que ocorra o seu crescimento. (Se a região que você reside for fria, deixe a massa crescer por uma hora e meia, se a região for quente, deixe por apenas uma hora).
- Polvilhe a mesa ou bancada com farinha de trigo em seguida coloque a massa crescida sobre ela. Divida a massa ao meio, em seguida, abra a massa com a mão e depois deixe-a descansando por alguns minutos.
- Modele a massa no formato de pão de sua escolha. Depois disso, adicione-a em uma assadeira polvilhada com farinha de trigo. Cubra ela e novamente deixe-a crescer durante duas

horas. (Caso a temperatura ambiente seja baixa, mas, se a temperatura for alta, o tempo de crescimento será de uma hora e quinze minutos).

- Após isso, realize o acabamento e polvilhe-a com farinha de trigo. Com o uso de uma lâmina ou faca realize um corte vertical na parte de cima da massa. Em seguida, borrife um pouco de água nela. Por fim, leve para assar em um forno pré-aquecido em 180°. Aguarde de 30 a 40 minutos, e depois retire do forno e deixe esfriar. Após isso, o pão está pronto para ser consumido.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. B. **Efeito da sova nas características e aceitabilidade do pão de forma.** Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

ALFA-GLIADINA (43-49). **PubChem**. Biblioteca Nacional de Medicina Centro Nacional de Informações sobre Biotecnologia. Disponível em:
<<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/130932>>. Acessado em 25/10/2022.

A HISTÓRIA DO PÃO. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP), 2021. Disponível em: <<https://www.abip.org.br/site/699-2/#:~:text=O%20semin%C3%A1rio%20digital%20de%20capacita%C3%A7%C3%A3o,sobre%20as%20tend%C3%Aancias%20do%20mercado>>. Acessado em 05/05/22.

AMÂNCIO, I. **Usando só farinha, fermento e sal faça este pão em casa!!** - Pão de água Super fácil. Isamara Amâncio. Youtube. 20 de julho de 2020. Disponível em:
<<https://youtu.be/tDLPwklUpWI>>. Acessado em 05/08/2022.

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos.** Dissertação (Mestre) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Bioquímico - Farmacêutica. São Paulo, 2012.

ARIMATÉA, C. C.; PAGANI, A. A. C.; CARVALHO, M. S. Elaboração e composição química de pão de forma enriquecido com resíduos agroindustriais de frutas. **Anais do VII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe.** São Cristóvão, 2015.

ARNAUT, A. N. **Desenvolvimento e avaliação de pão de fermentação natural enriquecido com farinha de bagaço de malte.** Dissertação (Bacharel em gastronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.

BARROS, J. H. T. **Fibras alimentares: efeito na farinha, reologia das massas, qualidade e taxa de envelhecimento de pães.** Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos) UNESP. São José do Rio Preto-SP. Março, 2015.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. **Fundamentos da tecnologia de panificação.** Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, p. 60. Junho de 1997. (EMBRAPA-CTAA. Documentos; 21).

BITTENCOURT, B.; TREVISAN, M. C. B.; FIORIN, N. L.; BUSATTA, N.; HARROTE, R. C. W. **Fermentação Natural: Conceitos, Métodos, Aplicações e Conhecimentos em Xanxerê/SC e Região.** Dissertação (Técnico em Alimentos) - Instituto Federal de Santa Catarina. Xanxerê-SC, 2021.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e do abastecimento. Instrução normativa SARC nº 7.** Nimis Online, 2001. Disponível em:
<https://nimis.com.br/port/legislacao/cereais_trigo.htm>. Acessado em 16/08/2022.

CANELLA-RAWLS, S. C. Pão arte e ciência. **Revista Senac.** Edição 3. São Paulo, 2003.

CARMONA, E. C.; TERRONE, C. C.; NASCIMENTO, J. M. F.; ANGELIS, D. F. **Importância da água e suas propriedades para a vida.** Artigo científico. Disponível em:

<<https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/09-importancia-da-agua-e-suas-propriedades-para-a-vida-1.pdf>>. Acessado em 05/10/2022.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da panificação**. 2 ed. Barueri: Manole, p.440, 2009.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; BORGES, M. C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, pág. 150-155, Mar/Abr de 2006.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. Artigo Técnico Científico. **Scielo Brasil**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/qc4BJYSVmF7wrzhWVF58BNn/?lang=pt#>>. Acessado em 25/10/2022.

CUNHA, A. O. **CADEIA PRODUTIVA DO PÃO: fontes informacionais utilizadas no planejamento de novos produtos**. Dissertação (Bacharel em Biblioteconomia) - Faculdade de Biblioteconomia e comunicação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

CUNHA, B. M. O Glúten em Questão. **Revista Química Nova na Escola**. São Paulo, Br, vol. 40 n° 1, p.59-64. Fevereiro, 2018.

CHEMELLO, E. A química na cozinha apresenta: O Sal. **Revista Eletrônica ZOOM** – Editora Cia da Escola – São Paulo, ano 6, n.3, 2005. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/ciencias/25sal.pdf>. Acessado em 06/10/2022.

DIAS, A. M. V. **Análise estrutural de farinhas e alguns dos seus componentes**. Dissertação (Mestre em Química) - Universidade de Aveiro. Departamento de Química, 2008.

DUARTE, H. A. Água - Uma Visão Integrada. **Revista Química Nova na Escola**. Cadernos Temáticos da Química Nova na Escola, 2014, N° 8, p. 4-8. Maio, 2014.

EMBRAPA. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65467/1/CTAA-DOCUMENTOS-21-FUNDAMENTOS-DA-TECNOLOGIA-DE-PANIFICACAO-LV-2004-00274.pdf>>.

Acessado em 05/09/2022.

FARIA, S. M.; RIBEIRO, K. D. F. O pão nosso de cada dia. **Revista Sociedade Brasileira de Química**. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) Instituto DE Química da Universidade de Brasília (IQ/UnB), 2010.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Revista Química Nova na Escola**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição Especial – Maio, 2001.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. **Química e reações químicas**. Livro - Editora Ltc, ed. 4, v. 1, Rio de Janeiro, 2002.

LACOVSKI, A. C.; YOKOMIZO, K. H.; RAIMUNDO, M. H.; DINIZ, T. S. **Indústria de Farinha de Trigo: Moinho Trigossul**. Dissertação (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Coordenação do Curso de Engenharia Química. Apucarana, 2019.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: Características físico-químicas, funcionais e tecnológicas.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Documentos, 75, Londrina-PR, 1994. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/460386/componentes-do-trigo-caracteristicas-fisico-quimicas-funcionais-e-tecnologicas>>. Acessado em 07/07/2022.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte.** Dissertação (Engenheiro de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, 2010.

MENDONÇA, A. D. M.; CABRAL, W. T. N.; ANTUNES, A. S.; SAIDE, V. G. P.; ROCHA, S. F. L. S.; BARRA, C. M.; JUNIOR, J. G. R. Determinação do teor de cloreto de sódio em arroz cozido: uma proposta para o ensino de química e o combate à hipertensão arterial. **Revista Química Nova na Escola.** São Paulo-SP, BR. Vol. 42, Nº 4, p. 351-358. Novembro de 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Qualidade da água para o consumo humano.** Cartilha para promoção e proteção da saúde. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf>. Acessado em 13/10/2022.

MORTIMER, E. F. H₂O - Água: o significado das fórmulas químicas. **Revista Química Nova na Escola.** Conceitos Científicos em Destaque. Nº 3. Maio, 1996.

NASCIMENTO, I. S. B. **Partição de glutenina de farinha de trigo especial em sistemas aquosos bifásicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba, 2008.

NIEVINSKI, P. G. **Trigo: Do grão à farinha (Uma revisão sobre deoxinivalenol).** Dissertação (Engenheiro de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre, 2009.

OFFREDE, G. P. **Produção de pão com recurso a pré-fermentos Desenvolvimento de produtos numa unidade de panificação.** Dissertação (Mestre em Ciências Gastronômicas). Instituto Superior D Agronomia. Universidade Nova Lisboa, Março, 2015.

PEIXOTO, E. M. A. Sódio. **Revista Química Nova na Escola.** Elemento Químico. Nº 10. Novembro de 1999.

PEIXOTO, E. M. A. Cloro. **Revista Química Nova na Escola.** Elemento Químico. Nº 17, Maio, 2003.

PINTO, R. R. **Balanco de Massa do processo de produção de farinha de trigo.** Dissertação (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre. Dezembro, 2010.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. Artigo - **Revista UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.** Pag. 21-29, Ponta Grossa. Agosto, 2006.

QUADROS, A. L. A Água como Tema Gerador do Conhecimento Químico. **Revista Química Nova na Escola.** Relatos de Sala de Aula. Nº 20. Novembro, 2004.

RAGUZZONI, J. C. **Efeito da Adição de L-Cisteína nas proteínas do Glúten: Análises Reológica, Térmica e Microscópica.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

RICHTER, V. R. **Panificação.** Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. 1ª Edição, 2019.

RODRIGUES, A. M. D. P. **Caracterização de Pão Regional do Distrito de Viseu e de Pão São.** Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar). Instituto Politécnico de Viseu. Julho, 2012.

SALES, S. **O Culto do Pão.** Dissertação (Mestre em Animação Artística). Escola Superior de Educação. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2010.

SANTANA, N. B. **Eficiência da hidrólise de amido de mandioca por diferentes fontes de enzimas e rendimento da fermentação alcoólica para produção de etanol.** Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Juvino Oliveira - Itapetinga-Ba, 2011.

SANTOS, N. P.; GAMA, A. As tradições do pão, territórios e desenvolvimento. **Revista Trunfos de uma Geografia Activa Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia.** Universidade Coimbra, p. 273-282, 2011.

SANTOS, S. S. C.; SANTOS, S. B.; SANTOS, M. C.; MARTINS, R. B.; RIBEIRO, A. T.; FREITAS, C. A. A.; GIAMPEDRO, R. A. **A padaria, um laboratório de Química nada convencional: uma experiência educativa no ensino médio.** Exatas online, vol. 3, n.2, p. 31-39, 2012.

SILVA, A. N.; FRÍSCIO, F. C. A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. **Revista Química Nova na Escola,** São Paulo, Br, vol. 43, nº 3, p. 232-243. Agosto, 2021.

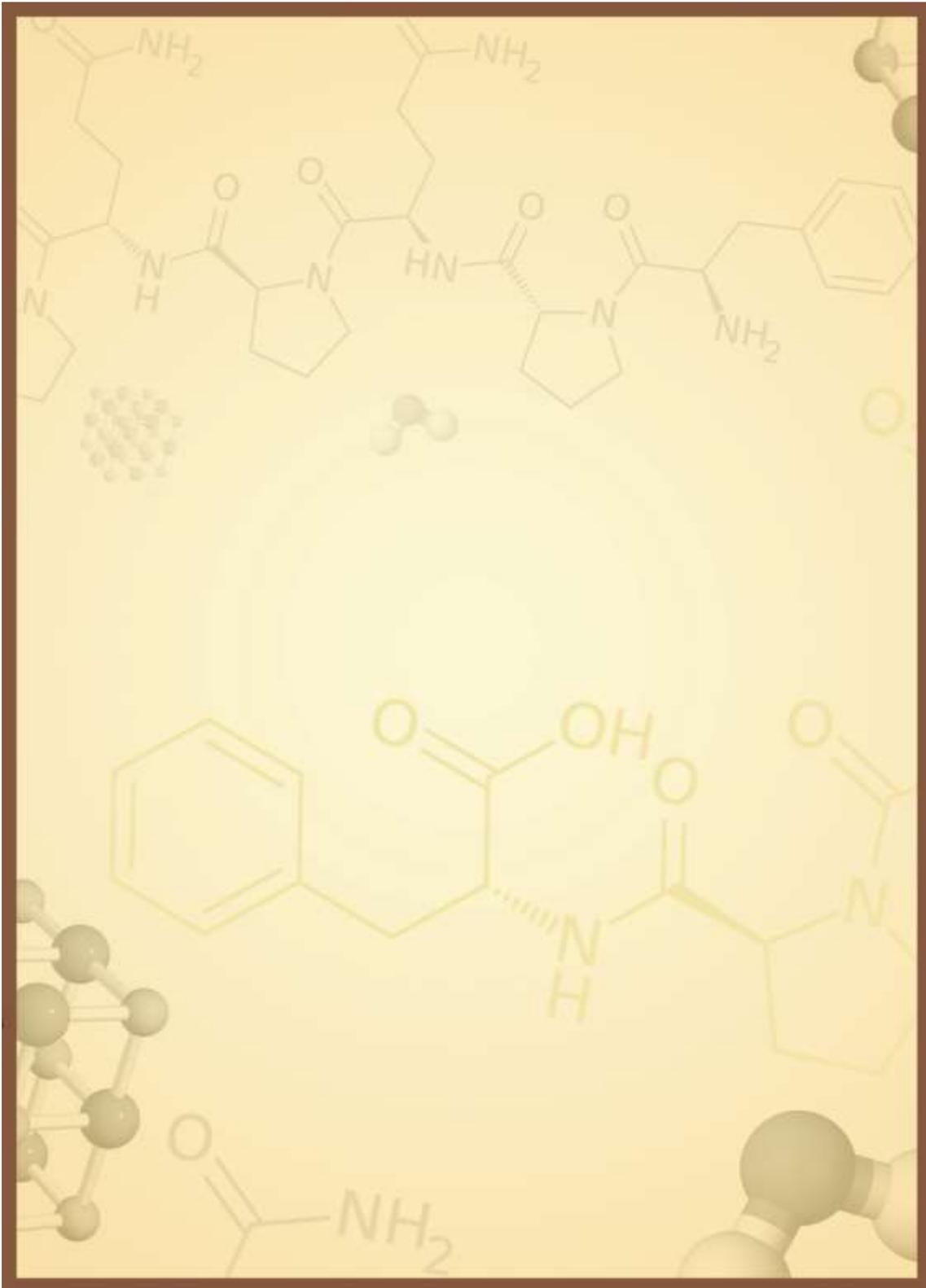
SILVA, B. M.; SOUZA, N. F. D.; DIAS, R. M. F.; RAMOS, B. F. M. Composição nutricional de pães com farinha de trigo integral e refinada, comercializados em hipermercados de Salvador, Ba. **Higiene Alimentar** - Centro Universitário Estácio da Bahia, Salvador, Ba- Vol. 31 - n.266/267 pag. 55-60, Mar/Abr, 2017.

SOUTO, R. O. **Avaliação das propriedades Físico-Químicas do sal refinado.** Dissertação (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró-RN, 2018.

SULZBACH A. C.; BRAIBANTE, M. E. F.; STORGATTO, G. A. A bioquímica do Glúten através de Oficinas Temáticas. Artigo - **Revista Ciência e Natura,** Santa Maria, V. 37, n. 3, pag. 767-776, set/dez de 2015.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: Um Estudo Envolvendo a produção artesanal do Pão. **Revista Química Nova na Escola.** São Paulo, Br, vol. 33, n. 3. Agosto, 2021.

VIANA, A. C. S.; GERALDINA, B. S.; DITTRICH, M. T. **Planejamento e controle da produção (PCP): Um estudo de caso na linha de produção do pão francês do Panifício e Confeitaria Itália.** Faculdade Capivari (FUCAP), 18 de outubro de 2012.



ANEXO I - TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA A PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA

ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO: “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção”.

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa denominado Análise do Livro Paradidático “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção.” Sua colaboração nesta pesquisa será essencial para coletarmos informações acerca do livro paradidático desenvolvido. Em caso de desistência, não acarretará nenhum dano a você. Esse estudo está vinculado ao Departamento de Química Licenciatura do *Campus* Professor Alberto Carvalho.

Eu, (_____), portador da Cédula de identidade, RG _____, e inscrito no CPF _____ nascido(a) em ___/___/_____, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo ANÁLISE DO LIVRO PARADIDÁTICO: “PÃO & QUÍMICA: Os processos químicos envolvidos em sua produção.” Declaro que obtive todas as informações fundamentais em relação às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

1. Posso desistir de responder o questionário, caso assim deseje;
 2. A não participação não trará nenhum dano ao participante.
 3. Os resultados alcançados durante a leitura das respostas do questionário serão preservados em anonimato, a fim de que dados pessoais não sejam expostos. Todavia, permito que sejam divulgados em publicações científicas;
- . Caso eu queira, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, obtidos ao final desta pesquisa
- () Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- () Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Responsável pelo Projeto: Midiã de Lima Santos Bernardino

Telefone/e-mail para contato: (79) 99877-8960 / midialima@academico.ufs.br

Endereço (Institucional): Departamento de Química, *Campus* Professor Alberto Carvalho, Avenida Vereador Olímpio Grande S/N, centro, Itabaiana, SE, CEP: 49.500-000, Bloco D (Departamental), primeiro andar. e-mail: dqci@academico.ufs.br, telefone (79) 3432 8216.