

**Estudo do efeito da firmeza da coalhada na quantidade de extrato seco do queijo de pasta semidura.**

***Study of the Effect of curd firmness on the amount of dry matter of semi-hard cheese.***

**Tomás Ferreira Rocha**

ORIENTADO POR: Dra. Ana Rita Soares Moreira

COORIENTADO POR: Prof. Doutor Duarte Paulo Martins Torres

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO

I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

**TC**

**Porto, 2024**





## Resumo

Trabalho de investigação no ramo da produção de queijo, um alimento obtido pela coagulação e dessoramento do leite, classificado com base na cura, composição, consistência e teor de extrato seco. O processo de fabrico envolve o tratamento do leite, adição de fermentos, coagulação, dessoramento, moldagem, prensagem, salga e cura. O foco do estudo foi, durante a etapa de coagulação, relacionar o tempo da coagulação e o efeito da firmeza da coalhada na altura exata antes do corte no extrato seco (ES) do produto final. O estudo foi realizado no grupo Bel, com uma amostragem de 104 ensaios de firmeza e várias variáveis controladas. Utilizando o software IBM SPSS, foram conduzidas análises estatísticas, incluindo correlação de *Spearman* e regressão linear de *Bootstrap*, para avaliar as variáveis em estudo.

Os resultados indicaram uma correlação positiva moderada entre firmeza e tempo real de coagulação do coalho (TRC), e correlações negativas moderadas entre firmeza e ES, bem como entre TRC e o ES.

A discussão dos dados, salientou a complexidade e a variabilidade do processo de coagulação, influenciado por fatores genéticos, ambientais e de produção como a causa de as associações entre as variáveis não terem tido um peso mais relevante. Conclui-se que uma gestão eficaz dessas variáveis é essencial para uma produção uniforme e de alta qualidade. Estudos futuros devem focar-se no controlo rigoroso das variáveis e na exploração da influência dos fatores genéticos e ambientais na composição e coagulação do leite.

**Palavras-Chave:** Produção de Queijo; Coagulação; Coalhada; Extrato Seco; Firmeza.

**Abstract**

Research work related to cheese production, a food obtained by coagulating and draining milk, classified based on cure, composition, consistency and dry matter content. The manufacturing process involves milk treatment, yeast addition, coagulation, draining, molding, pressing, salting, and curing. The focus of the study was, during the coagulation stage, to relate the coagulation time and the effect of the curd firmness at the exact height before cutting in the dry matter of the final product. The study was carried out in the Bel group, with a sample of 104 firmness tests and several controlled variables. Using the IBM SPSS software, statistical analyses, including Spearman's correlation and Bootstrap linear regression, were conducted to evaluate the variables under study.

The results indicated a moderate positive correlation between firmness and real rennet coagulation time (RCT), and moderate negative correlations between firmness and dry matter, as well as between real coagulation time and dry matter. The discussion of the data highlighted the complexity and variability of the coagulation process, influenced by genetic, environmental and production factors, as the cause of the associations between the variables not having a more relevant weight.

It is concluded that an effective management of these variables is essential for a uniform and high quality production. Future studies should focus on the strict control of the variables and the exploration of the influence of genetic and environmental factors on milk composition and coagulation.

**Key words:** Cheese Production; Coagulation; Curd; Dry Matter; Firmness.

## **Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos**

ES - Estrato Seco

FQ - Físico-química

INOVA - Instituto de Inovação Tecnológico dos Açores

TRC - Tempo real de coagulação

## Sumário

Resumo e Palavras-Chave.....	i
Abstract and Key Words.....	ii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos .....	iii
Introdução.....	1
Objetivos .....	4
Metodologia.....	4
Resultados.....	6
Discussão .....	10
Conclusões .....	14
Referências .....	16

## **Introdução**

### **1. Definição do Queijo**

O queijo é o produto fresco ou curado, de consistência variável, obtido por coagulação e dessoramento do leite ou do leite total ou parcialmente desnatado, mesmo que reconstituído, e também da nata, do leitelho, bem como da mistura de alguns ou de todos estes produtos, incluindo o lactossoro, sem ou com adição de outros géneros alimentícios [1].

### **2. Classificação do Queijo**

De acordo com a Portaria nº 73/90, os queijos podem ser classificados em diversas categorias com base em critérios como “cura, composição, consistência e teor de matéria gorda”.

No que diz respeito à cura, os queijos podem ser categorizados da seguinte forma: queijo curado, queijo curado pela ação de bolores e queijo fresco [1]. O queijo curado é um produto que só se torna apto para consumo após ser submetido a um período específico de maturação em condições controladas de temperatura, humidade e ventilação [1]. Este processo permite a ocorrência de alterações físicas e químicas que são características do produto final. Relativamente ao queijo curado pela ação de bolores, as suas características distintivas resultam principalmente da proliferação de bolores específicos, que podem desenvolver-se tanto no interior como na superfície do queijo [1]. Finalmente, o queijo fresco é obtido através da coagulação e dessoramento do leite, processo que ocorre por fermentação láctea, podendo ou não incluir a adição de coalho, este tipo de queijo não passa por um processo de cura [1]. Importa referir que esta classificação se baseia nos processos de maturação e nas condições específicas a

que os queijos são submetidos, permitindo uma diversidade de produtos com características distintas em termos de textura, sabor e aroma [1].

No que diz respeito à composição dos queijos, estes podem ser agrupados em duas classes principais. A primeira classe abrange os queijos que não contêm adição de outros géneros alimentícios além do próprio queijo [1]. A segunda classe inclui os queijos que têm a adição de outros géneros alimentícios, diferenciando-se assim pela presença de ingredientes adicionais [1].

A classificação dos queijos em termos de consistência baseia-se na percentagem de humidade presente em cada tipo de queijo [1]. Esta percentagem determina a textura do queijo, que pode variar desde queijos duros e secos até queijos mais macios e húmidos [1]. Finalmente, a classificação dos queijos quanto ao teor de matéria gorda é realizada com base na percentagem de gordura presente no extrato seco do queijo [1]. Este critério permite identificar e categorizar os queijos de acordo com o seu conteúdo de gordura, proporcionando uma melhor compreensão das suas propriedades nutricionais e do seu impacto na saúde [1].

### **3. Processo de Fabrico do Queijo**

A indústria queijeira é uma das indústrias mais complexas, fascinantes e diversificadas que se conhecem nos dias de hoje, o que torna, por sua vez, o queijo um dos alimentos mais apreciados no mundo [2]. O fabrico do queijo é um processo complexo que se resume nas seguintes etapas: tratamento do leite, adição de fermentos, coagulação, dessoramento, moldagem e prensagem, salga e, por fim, cura [3]. A coagulação envolve a transformação do leite líquido numa mistura gelatinosa sólida conhecida como coalhada. Este processo é desencadeado pela adição de enzimas coagulantes, como o coalho, que atuam nas proteínas do leite,

especialmente a caseína. Esta agrupa-se para formar uma rede tridimensional, retendo gordura e humidade no processo. Essa aglomeração de proteínas forma o coágulo. A abordagem mais comum para a análise do coagulante, tanto a nível de investigação como da indústria, é a lactodinamografia. Esta técnica monitoriza a consistência, mais propriamente a firmeza das amostras de leite após adição de coalho [4]. Assim que o tempo de coagulação termina, realiza-se o corte, onde os coágulos são cortados mecanicamente em pedaços menores, influenciando diretamente a composição física e química do queijo. O tempo de coagulação é uma variável preditiva essencial na fabricação de queijo, pois influencia diretamente a textura e a consistência do produto final [3, 5]. Durante a produção, a definição do tempo de coagulação pode depender de diversos fatores, incluindo a adição de leite reconstituído na padronização do leite, o intervalo de tempo entre o tratamento e a padronização até à adição de coalho, e também se o tratamento térmico foi realizado com metodologias de recuperação de energia. Nesse contexto, torna-se imperativo analisar de que forma as práticas e tecnologias emergentes podem otimizar esses processos, assegurando, simultaneamente, a qualidade e a eficiência da produção.

Os recentes avanços tecnológicos e a inovação da Indústria 4.0, caracterizada pela integração inteligente de tecnologias digitais para criar fábricas interconectadas e altamente automatizadas que otimizam processos e aumentam a eficiência produtiva, proporcionam novas oportunidades para as empresas alcançarem a criação e a proposta de valor através da satisfação das exigências individualizadas dos clientes de forma sustentável e económica [6]. Para além disto, e numa perspetiva concreta em termos do fabrico de queijo,

maior ainda será esta necessidade de inovação quando a mecanização e automação se a mesma for tida como responsável pela redução de custos de mão de obra, ainda para mais quando o custo do leite é cada vez maior [7].

## **Objetivos**

O objetivo do presente trabalho passa por averiguar, durante a etapa de coagulação, em que medida a firmeza da coalhada no momento anterior ao início do corte é um fator preditor da quantidade de extrato seco (ES) do queijo no final da produção. Adicionalmente, procurou-se também averiguar o efeito do tempo de coagulação, na firmeza da colhada no momento anterior ao início do corte e no ES do queijo.

Com este estudo pretende-se melhorar o controlo do processo de fabrico de queijo, mitigando o efeito da variabilidade natural do leite nas características da coalhada, visando incrementar a uniformidade e reduzir a variabilidade do produto final.

## **Metodologia**

### **Amostra**

O presente estudo foi direcionado para um dos seis tipos de queijos atualmente produzidos na fábrica Bel da Ribeira Grande, representando aproximadamente 40% do volume total de produção. A seleção deste tipo de queijo justifica-se pela sua relevância na produção global da fábrica, o que torna os resultados do estudo particularmente significativos para a otimização dos processos de produção. Assim sendo, a amostra foi composta por 104 ensaios de

medição de firmeza, os quais foram meticulosamente planejados para contemplar diversas variáveis que podem influenciar a qualidade do queijo. Em cada ensaio, foram considerados os seguintes fatores: o dia do ensaio, o silo onde o leite esteve armazenado até à produção, o volume da cuba de fabrico, a presença ou ausência de nata de soro, leiteiro e leite reconstituído, a receita específica utilizada e o tempo de coagulação após a adição do coalho. Após a conclusão de todas as etapas de produção, foi retirado de cada ensaio um queijo representativo de cada lote para realizar análises físico-químicas, com foco principal na análise do extrato-seco do queijo.

#### **Medição da firmeza da coalhada**

Para a avaliação das propriedades reológicas da coalhada, foi utilizada uma sonda de viscosidade do tipo SRV (*Single Rotor Viscosity*) da RHEONICS instalada numa das seis cubas de fabrico (Anexo A). Esta sonda, além de medir a temperatura, fornece em tempo real valores de firmeza, aceleração e velocidade do meio circundante. A firmeza foi medida em milipascal segundo (mPa.s). Definiu-se firmeza como a viscosidade da coalhada medida no momento antes do corte da coalhada.

#### **Determinação do ES do queijo**

As análises de físico-química do queijo foram realizadas no laboratório da própria fábrica da Bel da Ribeira Grande, por profissionais qualificados de laboratório. As análises realizadas para obtenção dos valores de extrato seco foram obtidas através ensaios por métodos de referência, neste caso por balanças de humidade, calibradas e validadas anualmente pelo INOVA.

### **Análise de dados**

Foram analisadas as variáveis: tempo real de coagulação (TRC), viscosidade da colhada no momento antes do corte e o extrato seco do queijo no final da produção. Inicialmente, avaliou-se a normalidade das variáveis calculando o coeficiente de assimetria e achatamento, e aplicando o teste de *Kolmogorov-Smirnov*.

Tendo-se verificado a não normalidade das variáveis, estimou-se o coeficiente de correlação de *Spearman* para avaliar a intensidade e o sentido da associação entre as variáveis em estudo.

Por fim, aplicou-se uma regressão linear de *Bootstrap*, utilizada para avaliar a precisão e a robustez das estimativas dos coeficientes de regressão em situações onde as suposições clássicas da regressão linear podem não ser totalmente satisfeitas, como o exemplo a distribuição não normal das variáveis. No contexto, esta técnica ajuda a fornecer uma avaliação mais confiável das relações entre o TRC e a Firmeza, ambas variáveis independentes do estudo, e o ES, que por sua vez é a variável dependente.

Quando o valor de  $p < 0,05$  ou  $p < 0,001$  o efeito foi considerado estatisticamente significativo ou muito significativo, respetivamente.

Toda a análise estatística foi conduzida utilizando o *software IBM SPSS Statistics Versão 29.0.0.0 (241)*.

### **Resultados**

Na tabela 1 são apresentados os resultados da avaliação da normalidade da distribuição das variáveis em estudo nomeadamente do cálculo do coeficiente de

assimetria e curtose. Estes resultados, apontam para uma assimetria alta para as variáveis Firmeza e ES sendo a distribuição da variável TRC aproximadamente simétrica. Os valores da curtose apontam para caudas semelhantes que se aproximam da distribuição normal para o TRC e um peso maior das caudas na distribuição das variáveis Firmeza e ES, relativamente à distribuição normal. Estes resultados, em conjunto com obtidos pelo teste de *Kolmogorov-smirnov* (Tabela 2) apontam para o afastamento da normalidade de todas as variáveis.

**Tabela 1.** Normalidade das variáveis (Coeficiente de Assimetria e curtose).

		Firmeza	ES	TRC
N	Válido	104	104	104
	Omisso	0	0	0
Assimetria		1,308	-1,075	-0,017
Erro de assimetria padrão		0,237	0,237	0,237
Curtose		2,178	2,312	0,331
Erro de Curtose padrão		0,469	0,469	0,469

**Tabela 2.** Teste de *Kolmogorov-smirnov*

	Estatística	gl	Sig.
ES	0,093	104	0,027
Firmeza	0,207	104	<0,001
TRC	0,191	104	<0,001

Da amostra de 104 ensaios, a firmeza variou de 5 a 16 mPa.s e a média foi de aproximadamente 8 milipascal segundo. O TRC variou entre 840 e 1410

segundos, sendo a média 1090 segundos. Por fim, o ES variou entre 50,5% e 52,4%, a média dos valores foi 51,7%.

De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 3, o TRC e a firmeza apresentam uma correlação positiva moderada ( $r = 0,340$ ), estatisticamente muito significativa ( $p < 0,001$ ). No que diz respeito à correlação entre a firmeza e o ES, o valor  $-0,236$  indica uma correlação negativa moderada e estatisticamente significativa ( $p = 0,016$ ) entre estas duas variáveis. Por último, no que concerne ao TRC e o ES, obteve-se uma correlação negativa moderada ( $-0,231$ ) e significativa ( $p = 0,019$ ).

Tabela 3. Correlação de Spearman

		<i>Firmeza</i>	<i>ES</i>	<i>TRC</i>
<b>Firmeza</b>	<b>Correlation coefficient</b>		-0,236	0,340
	<b>Sig (2-tailed)</b>		0,016	<0,001
	<b>N</b>		104	104
<b>ES</b>	<b>Correlation coefficient</b>	-0,236		-0,231
	<b>Sig (2-tailed)</b>	0,016		0,019
	<b>N</b>	104		104
<b>TRC</b>	<b>Correlation coefficient</b>	0,340	-0,231	
	<b>Sig (2-tailed)</b>	<0,001	0,019	
	<b>N</b>	104	104	

Posteriormente, na análise da regressão de *bootstrap*, conseguimos extrapolar que, o valor de R é 0,247, indicando uma correlação fraca entre as variáveis preditores (Firmeza e TRC) e a variável dependente (ES). O R Quadrado ( $R^2$ ) é 0,061, o que significa que apenas 6,1% da variabilidade no ES é explicada pelo modelo, sugerindo que a maior parte da variação no ES não é explicada pela Firmeza e pelo TRC. O R Quadrado Ajustado é 0,042, que ajusta o valor de  $R^2$  para o número de preditores no modelo, indicando uma capacidade de explicação

ligeiramente menor. O Erro Padrão da Estimativa é 0,37717, que representa a média da magnitude dos erros de previsão.

**Tabela 4.** Resumo do modelo regressão linear

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	0,247 <sup>a</sup>	0,061	0,042	0,377

Na tabela de Coeficientes, observamos que a variável Firmeza tem um coeficiente negativo (-0,031), sugerindo uma tendência negativa na relação entre Firmeza e o ES. No entanto, esta relação não é estatisticamente significativa no modelo clássico ( $p = 0,083$ ).

No que toca ao TRC, a análise da Tabela 5, revela que o coeficiente é 0,000, indicando que não há uma relação linear significativa com o ES. Isto é corroborado pelo valor  $p$  de 0,204 no modelo clássico, o que sugere uma ausência de significância estatística.

**Tabela 5.** Tabela dos Coeficientes<sup>a</sup> (variável dependente: ES).

1	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro	Beta		
(Constante)	52,435	0,352	.	148,785	<0,001
Firmeza	-0,031	0,018	-0,176	-1,750	0,083
TRC	0,000	0,000	-0,129	-1,750	0,083

A análise da Tabela 6, relativa à regressão de bootstrap confirma os resultados apresentados na tabela 5. Contudo verifica-se que a relação linear entre a firmeza e o ES se aproxima da significância estatística ( $\beta = -0,031$ ;  $p =$

0,056). Em resumo, a regressão linear de bootstrap indica-nos que, embora o modelo geral seja significativo, as variáveis preditoras Firmeza e TRC não são significativamente associadas ao ES.

**Tabela 6.** Tabela de *Bootstrap* para Coeficientes, resultados baseados em 1000 amostras *Bootstrap*.

Modelo	B	<i>Bootstrap</i> <sup>a</sup>					
		Viés	Erro	Erro	Sig	Intervalo de confiança 95%	
						Inferior	Superior
1	(Constante)	52,435	-0,007	0,380	<0,001	51,671	53,136
	Firmeza	-0,031	0,000	0,016	0,056	-0,064	0,000
	TRC	0,000	8,416E-6	0,000	0,198	-0,001	0,000

## Discussão

No presente estudo, foi analisada a coagulação, uma etapa crucial no processo de produção de queijo, com particular destaque na evolução da firmeza ao longo do tempo. A coagulação do leite inicia-se com o leite no estado líquido, e após a adição do coalho, o leite transita para um estado sólido/gelatinoso. Consequentemente, é esperado que a viscosidade e firmeza do leite aumentem progressivamente. Este aumento de firmeza ao longo do tempo sugere que tempos de coagulação mais prolongados resultem em valores de firmeza também mais elevados. Além disso, é previsto que tempos de coagulação mais longos resultem em valores de ES mais baixos [8]. A relação esperada é que tempos de coagulação mais elevados, diretamente associados a maiores valores de firmeza, conduzam tendencialmente a uma diminuição nos valores de extrato seco. Esta relação é

explicada porque maiores tempos de coagulação resultam numa rede de proteica, rede formada essencialmente pelas caseínas, mais densa e bem formada que retém mais água. Portanto, quando o tempo de coagulação é maior, a coalhada formada é mais eficiente em reter a humidade, resultando num queijo com menor teor de ES.

No entanto, os resultados obtidos neste estudo não corroboraram de forma conclusiva esta hipótese. Verificam-se as correlações esperadas e estatisticamente significativas entre as variáveis independentes e a variável dependente, contudo as correlações foram fracas. Estes resultados podem ser justificados por diversos fatores. A literatura indica que existem múltiplas variáveis que influenciam a coagulação do leite, tais como a composição do leite, a temperatura, o pH, a concentração de coalho, entre outros [4]. Estes fatores podem ter interagido de formas não controladas ou previstas, alterando os resultados observados no presente estudo. Portanto, embora a hipótese inicial previsse uma relação direta entre o tempo de coagulação, a firmeza e o extrato seco, os resultados sugerem que a complexidade do processo de coagulação do leite envolve variáveis adicionais que precisam ser consideradas. Estes fatores externos ou exógenos podem ter influenciado as discrepâncias observadas entre os resultados previstos e os resultados efetivamente obtidos.

O presente estudo concentrou-se exclusivamente num único produto dentro de um contexto específico da indústria alimentar. Os resultados obtidos demonstraram uma variação significativa, no entanto, os valores percentuais observados revelaram-se consistentemente próximos uns dos outros. Esta precisão

de resultados privilegia a influência das diversas variáveis confundidoras que podem acabar por exercer uma forte alteração dos resultados deste estudo.

A coagulação do leite é reconhecida pela sua alta variabilidade, influenciada por uma série de fatores que podem ser categorizados em duas principais áreas: genéticos e ambientais. Os fatores genéticos englobam características como espécies, raças, genes principais e poligenes, enquanto os fatores ambientais incluem condições como clima, estação do ano, sistemas de cultivo, alimentação, higiene, saúde e condições de ordenha. Além dessas áreas, existem outras fontes de variação a considerar. A configuração dos equipamentos e instrumentos de produção desempenham um papel crucial. A temperatura de funcionamento e a quantidade e forma de enzimas, neste caso o tipo e a quantidade de coalho adicionado ao leite, são determinantes importantes que afetam diretamente o processo de coagulação. O pré-tratamento do leite também exerce uma influência significativa. Este processo inclui fatores como o intervalo de tempo decorrido desde o tratamento até ao processo de produção de queijo em cuba, o uso de conservantes, as condições de armazenamento, o pré-aquecimento das amostras, o ajuste do pH e a adição de cálcio, todos os quais podem afetar a consistência e os resultados da coagulação. Além disso, a qualidade do leite em si é um fator crítico. A composição química do leite, as suas propriedades físicas, a composição microbiana e a presença de contaminantes são variáveis que necessitam ser cuidadosamente consideradas, pois podem influenciar de maneira significativa a eficácia do processo de coagulação [4, 9].

A variabilidade específica do estudo abrange diversos fatores críticos, que de forma direta ou indireta afetaram os nossos resultados, como é exemplo a variação na percentagem de proteínas séricas em relação às caseínas após o

tratamento térmico do leite, a acidez dos fermentos utilizados, o processo de prensagem do queijo, as condições de salga incluindo temperatura e concentração, o tamanho dos blocos de queijo, e o momento específico de amostragem do queijo, como também a análise pouco representativa de apenas um queijo por lote. Além disso, é relevante considerar o teor de ES do soro, já que o mesmo quando é retirado após o corte da coalhada, contém proteína e gordura, e estes valores terão depois influencia nos valores de ES do produto final.

Com base na análise detalhada das variáveis que influenciam a coagulação do leite na produção de queijos, é evidente que a alta variabilidade desses processos exige uma abordagem cuidadosa e sistemática. Desde as características genéticas e ambientais que afetam a composição do leite até aos procedimentos específicos de fabrico, como a prensagem e a salga, cada etapa pode significativamente impactar na qualidade e consistência do produto final. A gestão eficaz dessas variáveis não só permite compreender melhor as variações observadas nos resultados, mas também é essencial para garantir práticas de produção mais eficientes e uniformes na indústria alimentar. A aplicação de metodologias rigorosas de controlo de qualidade e o ajuste contínuo com base nos dados recolhidos são fundamentais para otimizar o processo de coagulação do leite, assegurando a produção de queijos de alta qualidade. Assim, a compreensão aprofundada desses fatores complexos não só fortalece o conhecimento científico na área, como também contribui para a inovação e desenvolvimento contínuo dos métodos de produção de queijos, beneficiando tanto os produtores quanto os consumidores finais.

Para aprofundar o conhecimento sobre este tema, sugere-se a realização de estudos futuros que se foquem na implementação de um controlo mais rigoroso das variáveis envolvidas no processo, incluindo a temperatura, o pH, a concentração de coalho e o tratamento prévio do leite. Para além disto, será importante que investigações futuras explorem a influência específica de fatores genéticos e ambientais na composição do leite e na sua capacidade de coagulação. Seria também interessante aumentar o número de amostras por lote de ensaio, de maneira a aumentar a representatividade dos resultados. Finalmente, é fundamental a realização de estudos comparativos entre diferentes métodos de produção, com o objetivo de identificar práticas que possam minimizar a variabilidade e otimizar a qualidade do produto final.

## **Conclusões**

A presente investigação acerca da produção de queijo e mais especificamente do efeito da firmeza no ES do queijo de pasta semidura, revelou uma complexidade subjacente que desafia as expectativas iniciais.

Este estudo demonstrou que a coagulação do leite é um processo altamente variável, influenciado por uma vasta gama de fatores que vão desde a genética até às condições ambientais e aos procedimentos de produção. A complexidade do processo exige uma abordagem meticulosa e sistemática para garantir a produção de queijos de alta qualidade. A gestão eficaz das variáveis envolvidas, aliada a metodologias rigorosas de controlo de qualidade, é essencial para compreender e mitigar as variações observadas, promovendo uma produção mais uniforme e eficiente.

A compreensão aprofundada dos fatores que influenciam a coagulação do leite não só enriquece o conhecimento científico nesta área, mas também tem o potencial de contribuir para a inovação e o desenvolvimento contínuo dos métodos de produção de queijos.

## Referências

1. Ministérios do Planejamento e da Administração do Território, d.A., Pescas e Alimentação e do Comércio e Turismo, *Portaria N°73/90*, d.A. Ministérios do Planejamento e da Administração do Território, Pescas e Alimentação e do Comércio e Turismo, Editor. 1990: Diário da República n.º 27/1990.
2. Almena-Aliste, M. and B. Mietton, *Cheese Classification, Characterization, and Categorization: A Global Perspective*. Microbiol Spectr, 2014. 2(1): p. Cm-0003-2012.
3. Patrick F. Fox , T.P.G., Timothy M. Cogan , Paul L. H. McSweeney, *Fundamentals of Cheese Science*. 2017.
4. Bittante, G., M. Penasa, and A. Cecchinato, *Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties*. J Dairy Sci, 2012. 95(12): p. 6843-70.
5. Fox, P.F., *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 1993.
6. Sun, X., et al., *The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012-2020) to explore future research opportunities*. Environ Sci Pollut Res Int, 2022. 29(7): p. 9560-9591.
7. Johnson, M.E., *A 100-Year Review: Cheese production and quality*. J Dairy Sci, 2017. 100(12): p. 9952-9965.
8. Saraiva, M., S. Dutra, and A. Barroso, *O controle de qualidade na produção de queijo de Coalho no Brasil: uma revisão*. Research, Society and Development, 2023. 12: p. e13412340534.
9. Pereira, P.C., *Milk nutritional composition and its role in human health*. Nutrition, 2014. 30(6): p. 619-27.

# Anexos

## Anexo A - Esquema de instalação da Sonda SRV





