



CATÓLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

**CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE ARROZ E AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA
DO TEMPO DE PRATELEIRA NAS SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS**

por

Inês Machado Soares de Almeida

Julho 2022



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE ARROZ E AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE PRATELEIRA NAS SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da
Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Alimentar

por

Inês Machado Soares de Almeida

Orientador (Empresa): Eng. Diogo Lemos

Coorientador (Universidade): Prof. Doutor José António Couto

Julho 2022

Resumo

Este relatório foi elaborado no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. cuja principal atividade é a transformação e comercialização de arroz.

O arroz (*Oryza sativa*) é uma das culturas mais produzidas e consumidas em todo o mundo. Este cereal é essencialmente composto por amido, seguindo-se nutrientes como proteínas e lípidos em menores quantidades. As características físico-químicas do grão de arroz bem como a sua composição estão dependentes das condições de cultivo, do solo e da variedade do próprio grão. Assim, e uma vez que o conhecimento destas características ajuda a perceber e a prever o comportamento do arroz durante o processo de cozedura, torna-se importante, especialmente para uma indústria arroseira, realizar o estudo das suas variedades.

Sendo o grande objetivo deste trabalho a caracterização de diversas variedades de arroz, foi necessária a determinação de vários parâmetros tais como as dimensões do grão, o grau de brancura, o tempo de cozedura e as propriedades de viscosidade. As amostras da subespécie *Oryza sativa indica* apresentam grãos longos e finos, pelo que a sua relação comprimento/largura é maior e o seu tempo de cozedura menor, contrariamente às amostras da subespécie *Oryza sativa japonica*. Os perfis de viscosidade auxiliam a interpretação das principais reações que ocorrem durante e após a cozedura do arroz, são elas a gelatinização e a retrogradação do amido. Verificou-se que estes perfis variaram consideravelmente entre as amostras, sendo que o arroz Vaporizado apresenta um comportamento diferente decorrente do tratamento hidrotérmico a que foi sujeito. Foi possível observar que as variedades pertencentes à subespécie *japonica* sofrem uma grande desintegração nos seus grãos de amido e uma curta reorganização, o que resulta numa textura final viscosa, sendo que nas variedades pertencentes à subespécie *indica* se observou o contrário, obtendo-se uma textura final mais seca.

De forma a dar continuidade a um estudo levado a cabo pela empresa, foram analisadas as propriedades de viscosidade de várias amostras sujeitas a armazenamento, com o intuito de avaliar a influência do tempo e do modo de armazenamento na qualidade do arroz. Conclui-se que o armazenamento do arroz em casca ou em película fornece uma maior proteção ao grão contra o envelhecimento, sendo necessário um maior tempo de prateleira do que o arroz armazenado em branco para que se verifiquem alterações significativas. Contudo, as alterações observadas apresentam resultados favoráveis para a maioria das variedades estudadas. Constatou-se ainda que o envelhecimento do arroz resulta essencialmente no endurecimento do grão, devido ao aumento de resistência da estrutura do amido e que, o nível de endurecimento varia com o teor de amilose da variedade em questão.

Palavras-chave: arroz; variedades; amido; viscosidade; tempo de prateleira

Abstract

This report was developed within the scope of the curricular internship carried out at the company Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. whose main activity is the processing and commercialization of rice.

Rice (*Oryza sativa*) is one of the most produced and consumed crops in the world. This cereal consists of starch, followed by nutrients such as proteins and lipids in smaller amounts. The physicochemical characteristics of the rice grain as well as its composition are dependent on the cultivation conditions, the soil and the variety of the grain itself. Thus, and since the knowledge of these characteristics helps to understand and predict the behaviour of rice during the cooking process, it becomes important, especially for a rice industry, to carry out the study of their varieties.

Since the main purpose of this work is the characterization of rice varieties, it was necessary to determine several parameters such as grain dimensions, degree of whiteness, cooking time and viscosity properties. Samples of the *Oryza sativa indica* subspecies have long and fine grains, so their length-to-width ratio is greater and their cooking time is shorter, contrary to samples of the *Oryza sativa japonica* subspecies. Viscosity profiles help in the interpretation of the main reactions that occur during and after rice cooking, they are starch gelatinization and retrogradation. It was found that these profiles varied considerably between the samples, and the Parboiled rice presents a different behaviour due to the hydrothermal treatment to which it was subjected. It was possible to observe that the varieties belonging to the subspecies *japonica* suffer a great disintegration in their starch grains and a short reorganization, which results in a viscous final texture, and in the varieties belonging to the subspecies *indica* it was observed the opposite, obtaining a drier final texture.

In order to continue a study carried out by the company, the viscosity properties of several samples subjected to storage were analysed, in order to assess the influence of time and storage mode on rice quality. It is concluded that the storage of rice in husk or in brown rice/caryopsis provides greater protection to the grain against aging, requiring a longer shelf life than rice stored in white for significant changes to occur. However, the changes observed show favourable results for most of the varieties studied. It was also found that the aging of the rice essentially results in the hardening of the grain, due to the increase in the strength of the starch structure, and that the level of hardening varies with the amylose content of the variety in question.

Keywords: rice; varieties; starch; viscosity; shelf life

Agradecimentos

De forma a agradecer e expor a gratidão que sinto por todas as pessoas que me ajudaram, apoiaram e contribuíram nesta etapa tão importante da minha vida, seguem os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, ao Eng. Diogo Lemos pela disponibilidade e orientação, por todo o apoio e confiança depositados em mim e, ainda, pelos conselhos e boa disposição sempre presentes.

A todos os colaboradores da Novarroz, em especial à equipa do Departamento de Qualidade, estou muito agradecida pela excelente integração, pelas explicações e aprendizagens prestadas e pelo bem-estar diário que me fizeram sentir durante estes meses. Um grande obrigada à Anita pela amizade, pela partilha de conhecimentos e pelo apoio, à Isabel pela companhia, pelas conversas e por todos os ensinamentos e à Patrícia e à Carolina pelo carinho e entreajuda.

Ao professor José António Couto pela disponibilidade para reunir, orientar, opinar e ajudar-me no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão, por serem um apoio essencial e incondicional na minha vida. Sou muito grata pela família que temos e por todas as oportunidades e possibilidades que os meus pais me oferecem para que eu construa o meu caminho pessoal e profissional. Com vocês tudo é melhor!

Ao Pedro pela paciência que tem para comigo, pelo conforto e apoio demonstrados em todos os momentos, sejam eles bons ou menos bons.

Aos meus amigos Ângela, Rafa, Marcelo, Petiz, Rui e Manu por estarem presentes, cada um à sua maneira, em mais uma fase da minha vida e por podermos continuar a crescer juntos.

Mais uma vez, agradeço a todos vocês, por terem tornado esta fase exigente e, por vezes, difícil e cansativa, numa experiência incrível e das quais mais apreciei em todo o meu percurso académico.

Índice

Resumo	III
Abstract.....	IV
Agradecimentos	V
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tabelas	X
Lista de abreviaturas	XI
1. Introdução.....	1
2. Descrição da empresa Novarroz – Produtos Alimentares, S.A.	4
2.1. Processo industrial do arroz	5
2.2. Atividades realizadas.....	7
3. Revisão Bibliográfica	9
3.1. A espécie <i>Oryza sativa</i> e o seu cultivo.....	9
3.2. Estrutura anatómica do grão	10
3.3. Composição química e nutricional.....	11
3.3.1. Amido.....	12
3.3.2. Proteínas	14
3.3.3. Lípidos	14
3.3.4. Compostos aromáticos	15
3.4. Efeito do armazenamento e envelhecimento no arroz.....	16
3.5. Designações legais e comerciais	17
4. Materiais e Métodos	20
4.1. Pesquisa e interpretação de legislação relativa a Rotulagem.....	20
4.2. Caracterização de variedades de arroz e respetivas amostras	20
4.2.1. Determinação das características biométricas dos grãos de arroz	21
4.2.2. Determinação do tempo de cozedura	22
4.2.3. Determinação das propriedades de viscosidade do arroz	23
4.3. Avaliação da influência do tempo de prateleira nas propriedades reológicas do arroz e respetivas amostras	26
4.4. Análise estatística.....	30
5. Resultados e Discussão	31
5.1. Elaboração de Manuais de Rotulagem	31
5.2. Caracterização de variedades de arroz.....	32
5.2.1. Características biométricas dos grãos de arroz	32

5.2.2.	Tempo de cozedura	36
5.2.3.	Propriedades de viscosidade do arroz	38
5.3.	Avaliação da influência do tempo de prateleira nas propriedades reológicas do arroz	46
6.	Conclusões	58
	Bibliografia	60
	Apêndices	65

Índice de Figuras

Figura 1: Logótipo da Novarroz.....	4
Figura 2: Normas internacionais BRC e IFS.....	4
Figura 3: Seleção de marcas da Novarroz.....	5
Figura 4: Equipamentos à escala laboratorial: descascador (à esquerda) e branqueador (à direita).....	6
Figura 5: Produtos e subprodutos das diferentes etapas de produção: a) arroz em casca; b) arroz em película ou integral; c) casca; d) arroz branqueado; e) sêmea ou farelo; f) arroz branqueado sem trinca; g) trinca; h) produto final; i) rejeitados por cor.....	7
Figura 6: Grãos das subespécies indica (à esquerda) e japonica (à direita).....	9
Figura 7: Estrutura detalhada do grão de arroz (adaptada de (Zhou et al., 2002b)).....	10
Figura 8: Estruturas químicas da amilose e da amilopectina (adaptada de (Amylose or Amylopectin?, n.d.)).....	13
Figura 9: Diferentes tipos de arroz e respetivos grãos.....	19
Figura 10: Equipamento VIBE Imaging Analytics QM3.....	22
Figura 11: Equipamento Rice Whiteness Tester C-600.....	22
Figura 12: Difusor e grãos selecionados para teste de cozedura.....	23
Figura 13: Grãos esmagados entre placas de petri: 1. Presença de núcleos; 2. Ausência de núcleos.....	23
Figura 14: Curva típica RVA: viscosidade (cP – centipoise) em função da temperatura (°C) e do tempo (segundos).....	24
Figura 15: Preparação da amostra para análise RVA: a) moinho 3100 Perten Instruments; b) copos de metal e pá propulsora; c) equipamento RVA; d) copo com pá propulsora encaixada na torre; e) RVA em progresso.....	25
Figura 16: Dimensões dos grãos das amostras analisadas.....	32
Figura 17: Correlação entre o comprimento e a largura para um $p < 0,05$	33
Figura 18: Correlação entre a relação C/L e o comprimento e a largura para um $p < 0,05$	34
Figura 19: Grau de brancura e % de gessados das amostras analisadas.....	34
Figura 20: Grau de brancura e brilho do grão das amostras analisadas.....	35
Figura 21: Correlação entre o grau de brancura e o brilho do grão para um $p < 0,05$	36
Figura 22: Tempos de cozedura das amostras analisadas.....	36
Figura 23: Correlação entre o tempo de cozedura e a relação C/L para um $p < 0,05$	37
Figura 24: Valores de pico de viscosidade (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	38
Figura 25: Valores de pasting temperature (°C) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	40
Figura 26: Valores de tempo do pico (min) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	41
Figura 27: Valores de vala de viscosidade (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	42
Figura 28: Valores de breakdown (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	42
Figura 29: Valores de viscosidade final (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	44
Figura 30: Correlação entre o pico de viscosidade e a vala, a viscosidade final e o breakdown para um $p < 0,05$	45
Figura 31: Valores de setback (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$	45
Figura 32: Perfil de viscosidade da amostra Basmati1 ao longo de 24 meses.....	47

Figura 33: Perfil de viscosidade da amostra Basmati2 ao longo de 18 meses.	48
Figura 34: Perfil de viscosidade da amostra Jasmin1 ao longo de 24 meses.	49
Figura 35: Perfil de viscosidade da amostra Jasmin2 ao longo de 18 meses.	50
Figura 36: Perfil de viscosidade da amostra Agulha1 ao longo de 18 meses.	51
Figura 37: Perfil de viscosidade da amostra Agulha2 ao longo de 18 meses.	52
Figura 38: Perfil de viscosidade da amostra Agulha3P ao longo de 18 meses.	53
Figura 39: Perfil de viscosidade da amostra Agulha3C ao longo de 18 meses.	54
Figura 40: Perfil de viscosidade da amostra Carolino1 ao longo de 18 meses.	54
Figura 41: Perfil de viscosidade da amostra Carolino2 ao longo de 6 meses.	55
Figura 42: Perfil de viscosidade da amostra Médio ao longo de 18 meses.	56
Figura 43: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 6 meses.	70
Figura 44: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 12 meses.	70
Figura 45: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 18 meses.	70
Figura 46: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 24 meses.	71
Figura 47: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 6 meses.	71
Figura 48: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 12 meses.	71
Figura 49: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 18 meses.	72
Figura 50: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 6 meses.	73
Figura 51: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 12 meses.	73
Figura 52: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 18 meses.	73
Figura 53: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 24 meses.	74
Figura 54: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 6 meses.	74
Figura 55: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 12 meses.	74
Figura 56: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 18 meses.	75
Figura 57: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 6 meses.	76
Figura 58: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 12 meses.	76
Figura 59: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 18 meses.	76
Figura 60: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 6 meses.	77
Figura 61: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 12 meses.	77
Figura 62: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 18 meses.	77
Figura 63: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 6 meses.	78
Figura 64: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 12 meses.	78
Figura 65: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 18 meses.	78
Figura 66: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 6 meses.	79
Figura 67: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 12 meses.	79
Figura 68: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 18 meses.	79
Figura 69: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 6 meses.	80
Figura 70: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 12 meses.	80
Figura 71: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 18 meses.	80
Figura 72: Perfis de viscosidade da amostra Carolino2: comparação entre 0 e 6 meses.	81
Figura 73: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 6 meses.	82
Figura 74: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 12 meses.	82
Figura 75: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 18 meses.	82

Índice de Tabelas

Tabela 1: Composição nutricional aproximada por 100 g de várias partes do arroz (adaptada de (Bao, 2018; Juliano & Tũaño, 2019; Saleh et al., 2019)).	11
Tabela 2: Classificação do arroz quanto à dimensão dos grãos. (Fonte: (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017)).	18
Tabela 3: Amostras de arroz para caracterização de variedades.	21
Tabela 4: Ciclo de tempo/temperatura para a determinação do perfil de viscosidade do arroz (Fonte: (AACC International Method 61-02.01, 1999)).	25
Tabela 5: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Basmati e subespécie indica.	27
Tabela 6: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Jasmin e subespécie indica.	27
Tabela 7: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Agulha e subespécie indica.	28
Tabela 8: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Carolino e subespécie japônica.	29
Tabela 9: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Médio e subespécie japônica.	29
Tabela 10: Valores obtidos das características biométricas e tempo de cozedura das amostras caracterizadas.	65
Tabela 11: Conjunto de valores das propriedades reológicas das amostras caracterizadas.	66
Tabela 12: Matriz de correlação entre todos os parâmetros analisados para a caracterização de variedades.	67
Tabela 13: Conjunto de valores das propriedades reológicas das amostras do tempo de prateleira.	68

Lista de abreviaturas

SGS – *Société Générale de Surveillance*

BRC – *British Retail Consortium*

IFS – *International Featured Standard*

HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*

SGI – Sistema de Gestão Integrado

AACC – *American Association of Cereal Chemists*

RVA – *Rapid Visco Analyser*

TCW – *ThermoCline para Windows*

cP – centipoise

rpm – rotações por minuto

r – coeficiente de correlação de Pearson

p – valor de significância do teste estatístico

1. Introdução

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado para a conclusão do Mestrado em Engenharia Alimentar da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica do Porto.

O estágio curricular decorreu em ambiente empresarial, no Laboratório do Departamento de Qualidade da empresa Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. localizada no concelho de Oliveira de Azeméis, de fevereiro a junho de 2022. O maior propósito para a escolha do estágio foi a possibilidade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico numa empresa da indústria alimentar.

O estágio desenvolveu-se em torno do processo industrial do arroz e de todos os procedimentos ao nível da qualidade a que o mesmo está sujeito até chegar ao consumidor final, sendo que o seu principal foco foi a caracterização de diversas variedades de arroz.

O arroz é uma das principais culturas produzidas e consumidas no mundo, sendo o alimento base da dieta de metade da população mundial (Muthayya et al., 2014). A sua produção tem apresentado um ligeiro crescimento ao longo dos últimos anos e terá uma tendência para a continuação desse crescimento, de forma a acompanhar o aumento populacional (Statista, 2022).

Cerca de 90% do cultivo e consumo de arroz é assegurado pelo continente asiático, onde se destacam a China e a Índia, com mais de metade da produção mundial (Bhattacharya & Ali, 2015). A América Latina também se apresenta com um grande destaque na produção e consumo de arroz. Na Europa, a produção de arroz é inferior ao seu consumo, sendo necessário recorrer à importação de grandes quantidades de arroz. Portugal é um dos principais produtores de arroz a nível europeu, juntamente com Itália, Espanha, Grécia e França (Agronegócios, 2019).

A produção nacional concentra-se maioritariamente no Tejo, Sado e Mondego, onde prevalece o cultivo de arroz carolino, que apresenta elevada importância na tradição portuguesa (“Ficha de Internacionalização Arroz,” 2016). Relativamente ao consumo de arroz, de acordo com o INE, na última campanha de arroz, que ocorreu de setembro de 2020 a agosto de 2021, foram consumidos 14,8 kg por habitante em Portugal (INE, 2022).

Existem diversos tipos de arroz no mundo, o que permite que cada país possa adaptar este alimento de acordo com as suas gastronomias e hábitos alimentares. Como tal, verifica-se a existência de bastantes pratos típicos de arroz em diferentes países, são exemplos a paella em Espanha, o risotto em Itália, o sushi no Japão, o arroz doce em Portugal, entre outros.

No entanto, a globalização dos hábitos alimentares é algo cada vez mais comum nos dias de hoje, pelo que já é possível encontrar estes pratos fora das suas regiões. Posto isto, e verificada a versatilidade do arroz, torna-se essencial o seu estudo ser contínuo, pois desta forma é possível dar

resposta às necessidades dos consumidores assim como às novas tendências do mercado.

As características físico-químicas do grão de arroz e a sua composição dependem das condições ambientais de cultivo, do solo e da variedade do próprio grão (Zhou et al., 2002b). Ambas apresentam uma relação significativa com as propriedades de qualidade do grão quando cozinhado, o que ajuda a prever o comportamento do arroz durante esse momento. Assim, o conhecimento e respetivo estudo das variedades de arroz permite a perceção das diferenças entre as mesmas, possibilitando ainda a avaliação e seleção do tipo de pratos ou receitas a que cada uma se pode adequar, bem como a maior proximidade com o consumidor final.

A caracterização das variedades de arroz é uma prática comum, que ocorre, com maior frequência, no início da campanha de arroz, ou seja, entre os meses de setembro a novembro, período em que as indústrias arroseiras recebem maiores quantidades de arroz. Neste período é feita a caracterização das variedades mais representativas da colheita e a respetiva interpretação das suas características. A campanha estende-se até ao mês de agosto e, portanto, ao longo dos restantes meses continua a chegar arroz para ser armazenado e subsequentemente processado. Desta forma, durante o resto do ano continua a haver igualmente a necessidade de analisar as características do arroz rececionado. Também acontece em todas as campanhas surgirem novas variedades que necessitam de caracterização.

O principal objetivo deste estágio foi a caracterização de diversas variedades de arroz. Para tal, foi necessário obter conhecimento relativamente às características físico-químicas e propriedades reológicas do arroz, ou seja, procedeu-se à determinação da humidade, da viscosidade em função do tempo e da temperatura, do tempo de cozedura e, ainda, de parâmetros biométricos para cada uma das variedades.

O armazenamento e o envelhecimento do arroz também desempenham um papel relevante nas características do grão e, sendo o arroz um grão que necessita de ser armazenado por longos períodos, torna-se importante a monitorização das suas características. Assim, um outro objetivo deste trabalho foi a avaliação da influência deste fator em algumas variedades de arroz.

Posto isto, o relatório encontra-se estruturado em várias partes de acordo com o decorrer das atividades desenvolvidas no estágio. Primeiramente, apresenta-se a empresa Novarroz, descreve-se o processo industrial do arroz levado a cabo pela mesma e ainda se destacam algumas atividades realizadas durante este período. De seguida, é feito um enquadramento geral ao tema, onde são abordados alguns tópicos relacionados com o arroz e considerados chave para interpretar e compreender o presente trabalho.

Posteriormente, apresentam-se os procedimentos necessários para a caracterização das variedades de arroz, bem como, para a avaliação da influência do tempo e prateleira nas propriedades reológicas do arroz, seguindo-se a apresentação dos resultados obtidos e a respetiva discussão. Por fim, descrevem-se as conclusões deste estágio e deste relatório.

A rotulagem é uma ferramenta de elevada importância, ainda mais no contexto da indústria alimentar, que tem como principal propósito informar os consumidores e permitir que estes possam fazer escolhas conscientes e adequadas às suas necessidades e preferências (APN, 2017). Sendo um dos objetivos da empresa a entrada em novos mercados, foi-me também proposta a consulta da legislação em vigor referente a vários países, assim como, o auxílio em diversas questões relacionadas com o tópico da rotulagem.

Simultaneamente, sendo um estágio em ambiente empresarial, teve como propósito a integração neste mesmo ambiente e na equipa de trabalho do departamento em questão, assim como na restante empresa. Este realizou-se com o intuito de proporcionar o contacto com a realidade da área de formação e de auxiliar na preparação para o futuro próximo.

2. Descrição da empresa Novarroz – Produtos Alimentares, S.A.

A Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. é uma empresa familiar portuguesa com fundação no ano de 1979. Atualmente, é uma das principais indústrias de arroz da Europa, tanto a nível de volumes de produção como de qualidade do processo de transformação (Novarroz, 2022c). Na Figura 1 é apresentado o logótipo da empresa.



Figura 1: Logótipo da Novarroz.

Sendo a qualidade o principal foco da Novarroz, a preocupação com esta começa desde bem cedo. Através de parcerias com os principais orizicultores portugueses, a empresa assegura a seleção das sementes de maior qualidade para cada variedade e o acompanhamento de todo o processo até à chegada do arroz às suas instalações. A missão e a visão da empresa mantêm o mesmo foco, colocar na mesa do consumidor o arroz de melhor qualidade do mercado e tornar a sua marca reconhecida internacionalmente por esse mesmo propósito (Novarroz, 2022c).

O processo de fabrico de arroz praticado pela empresa engloba as operações de descasque, branqueamento e embalagem de vários tipos de arroz, assim como de subprodutos resultantes deste processo. Esta apresenta uma capacidade de produção de 480 toneladas diárias, conseguidas através do uso da tecnologia mais avançada do mercado, e uma capacidade de armazenamento de 60.000 toneladas de arroz em casca (Novarroz, 2022c).

A estratégia de crescimento e melhoria contínua levada a cabo pela Novarroz bem como os diversos investimentos realizados durante as últimas décadas têm vindo a colocar a empresa numa posição de destaque, tendo, no ano de 2021, sido vencedora do prémio de “Melhor PME Exportadora” pela Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP) (Novarroz, 2022d).

A Novarroz é uma empresa certificada pela SGS (*Société Générale de Surveillance*) segundo as normas internacionais BRC (*British Retail Consortium*) e IFS Food (*International Featured Standard*), que, além do reconhecimento, permitem demonstrar a competência em torno da implementação de HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), Higiene, Segurança Alimentar e Sistemas da Qualidade por parte da empresa (SGS SA, 2022).



Figura 2: Normas internacionais BRC e IFS.

Ao longo dos últimos anos, a Novarroz tem vindo a implementar várias medidas na área da sustentabilidade. No ano de 2021, com a elaboração de um Relatório de Sustentabilidade de acordo com os *Global Reporting Initiative* (GRI Standards), a empresa tomou a decisão de reforçar os seus passos no caminho da sustentabilidade definindo vários objetivos para o futuro.

Em 2021, a Novarroz destaca-se com o lançamento da primeira embalagem 100% papel no mercado português. O papel apresenta-se certificado em FSC (*Forest Stewardship Council*) como proveniente de fontes responsáveis, 100% reciclável e ainda biodegradável (Novarroz, 2021).

Dentro da vasta seleção de marcas apresentadas pela Novarroz (Figura 3), podem ser destacadas, por exemplo, a Cozinha Velha, que representa o valor da tradição, a Louro, pela ampla e completa gama de produtos que apresenta e a Oriente, pela sua excelência, autenticidade e “experiência única de paladar” (Novarroz, 2022b, 2022a).



Figura 3: Seleção de marcas da Novarroz.

2.1. Processo industrial do arroz

Nas instalações da Novarroz ocorre todo o processo de transformação do arroz, ou seja, todas as etapas necessárias para que o arroz alcance a forma como é consumido e as características pelas quais é conhecido.

Este processo inicia-se com a chegada da matéria-prima vinda dos produtores, da qual é recolhida uma amostra representativa, através de uma sonda automática, em vários locais do camião. Seguidamente esta é sujeita a análise em laboratório, onde se verifica o teor de humidade, que não deve ultrapassar os 14,3% de acordo com o Decreto-Lei n.º 157/2017 de 28 de dezembro (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017) e se simula, em pequena escala, o processo que o arroz irá sofrer, com o objetivo de verificar visualmente a presença impurezas, de parasitas (por exemplo, gorgulho) e avaliar a aparência do arroz branqueado. A referida simulação em pequena escala é ilustrada na Figura 4 através dos equipamentos laboratoriais utilizados para o efeito.



Figura 4: Equipamentos à escala laboratorial: descascador (à esquerda) e branqueador (à direita).

Se o arroz se encontrar dentro dos parâmetros estabelecidos pela empresa e respetiva legislação em vigor, é dada autorização de descarga para o silo de armazenamento.

Os silos de armazenamento permitem uma monitorização contínua da temperatura, possibilitam a ventilação e, ainda, o controlo de pragas no arroz.

Consoante o estado físico da matéria-prima recebida – arroz em casca, em película ou em branco – seguem-se os processos de transformação do arroz. Conforme o planeamento da produção, o fabrico ocorre de forma automatizada. Assim, primeiramente, o grão de arroz sai do silo para o moinho, onde passa por um íman que retém possíveis partículas metálicas e pela tarara de limpeza que elimina as impurezas, como pedras e palhas.

Sucede-se a operação de descasque que, por meio de fricção entre dois rolos de borracha, separa a cobertura exterior (casca) do resto do grão (arroz integral ou em película). A percentagem de casca obtida ronda os 20% e resulta no primeiro subproduto deste processo, que será convertido em fardos de casca para efetuar camas para animais ou simplesmente vendido a granel.

Após esta etapa ocorre o branqueamento, que consiste na fricção do grão contra pedras de esmeril que vão removendo o seu pericarpo, obtendo-se um arroz branqueado e, conseqüentemente, dois subprodutos: o farelo desse arroz (em cerca de 10%), designado de sêmea, e a trinca proveniente da erosão desta operação. Ambos os subprodutos são aproveitados para alimentação animal de elevado valor nutricional, porém, a trinca pode também ser encaminhada para a indústria alimentar humana, onde será transformada e aproveitada para outros produtos alimentares.

O grão é terminado de branquear através de uma operação de polimento, realizada com o auxílio de jatos de água (em quantidade reduzida), que tem como objetivo aperfeiçoar o grão e conferir-lhe algum brilho.

Com a finalidade de separar os grãos inteiros dos partidos ou trincas (fragmentos de grão com um tamanho igual ou menor a $\frac{3}{4}$ do tamanho médio do grão), o arroz é triado conforme o tamanho e a

densidade dos seus grãos. É também feita uma seleção ao grão de acordo com a sua cor, numa seletora cromática, pois o arroz contém normalmente grãos em diferentes estados de maturação, grãos defeituosos ou com outras alterações de cor para além do característico grão branco. Destas etapas obtém-se, finalmente, o produto final que irá ser armazenado em silos de branco e, posteriormente, embalado. Os grãos rejeitados pelas etapas anteriores são também considerados subproduto e têm como destino a alimentação animal.

Adicionalmente, dependendo dos requisitos de alguns mercados/clientes, o arroz pode ser matizado, ou seja, envolvido por uma camada de óleo, melhorando a sua aparência.

No final do processo de embalamento do arroz, destaca-se a presença de detetores de metais que garantem uma maior segurança do produto. Deste modo, o arroz encontra-se pronto para seguir para o armazém de produto terminado e, subsequentemente, ser expedido.

Os produtos e subprodutos das diferentes etapas de produção encontram-se representados na Figura 5.

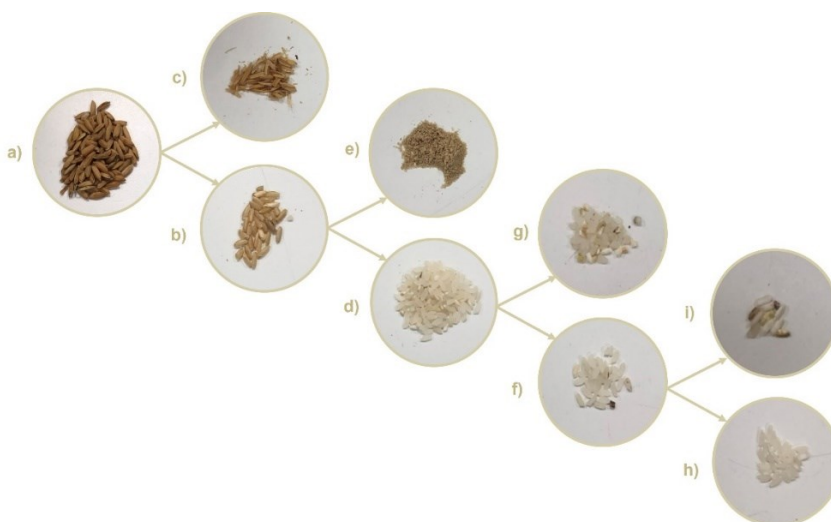


Figura 5: Produtos e subprodutos das diferentes etapas de produção: a) arroz em casca; b) arroz em película ou integral; c) casca; d) arroz branqueado; e) sêmea ou farelo; f) arroz branqueado sem trinca; g) trinca; h) produto final; i) rejeitados por cor.

2.2. Atividades realizadas

Para além dos principais objetivos enumerados na Introdução, este estágio também possibilitou a integração em ambiente industrial e a familiarização com o funcionamento de um departamento de qualidade e com tudo o que este envolve, bem como, com a área de trabalho da empresa.

Durante o período de estágio na Novarroz, destaca-se a participação nas seguintes atividades:

- Colaboração nas tarefas diárias do departamento de qualidade;
- Caracterização de variedades de arroz representativas da campanha de 2021/2022;

- Acompanhamento de algumas atividades relacionadas com a qualidade de produção;
- Atualização de procedimentos internos ou instruções de trabalho sobre segurança e qualidade alimentar segundo o Sistema de Gestão Integrado (SGI) da empresa;
- Participação nas *check-lists* mensais do departamento da qualidade, que visam o cumprimento de todas as normas de segurança alimentar, segurança no trabalho e normas BRC e IFS;
- Acompanhamento da auditoria externa pela SGS para verificação do cumprimento das normas BRC e IFS e validação das respectivas certificações;
- Colaboração no desenvolvimento do Relatório de Sustentabilidade correspondente ao ano de 2021 e, paralelamente, no projeto do cálculo da pegada de carbono da empresa;
- Participação num estudo interlaboratorial relativo às propriedades de viscosidade de algumas variedades de arroz previamente selecionadas para validação dos instrumentos de análise;
- Realização de ensaios de germinação de arroz, com o objetivo de determinar a capacidade germinativa das suas sementes;
- Elaboração de Manuais de Rotulagem (para uso interno) segundo a legislação em vigor para cada um dos mercados: União Europeia, Estados Unidos da América e Canadá;
- Construção de tabelas nutricionais conforme a legislação em vigor para os mercados mencionados anteriormente;
- Verificação de imagens para rotulagem de alguns produtos da Novarroz relativamente ao cumprimento da legislação em vigor referente a vários mercados;
- Participação em ensaios sensoriais e organoléticos no decorrer do desenvolvimento de novos produtos;
- Continuação do trabalho efetuado pela empresa sobre a influência do tempo de prateleira nas propriedades de viscosidade do arroz;
- Acompanhamento e colaboração em assuntos relacionados com ambiente e sustentabilidade, nomeadamente no processo de obtenção do Licenciamento Ambiental, na gestão de resíduos, na manutenção do sistema de gestão de energia, consulta de legislação em vigor, entre outras questões.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. A espécie *Oryza sativa* e o seu cultivo

O arroz é uma planta semiaquática pertencente ao género *Oryza* e à família *Gramineae* (*Poaceae*) (Bhattacharya & Ali, 2015). Existem aproximadamente 22 espécies do género *Oryza*, das quais apenas 2 são cultivadas, enquanto as restantes 20 são espécies selvagens (Muthayya et al., 2014). As espécies de arroz *Oryza sativa*, de origem asiática, e *Oryza glaberrima*, de origem africana, são as que representam maior importância para o consumo humano. Atualmente, a espécie *Oryza sativa* é cultivada em vários continentes: Europa, África, Ásia, Austrália, América do Norte e América do Sul e quase todas as variedades de arroz derivam desta espécie. A espécie *Oryza glaberrima* pode ser encontrada na África, contudo está rapidamente a ser substituída pela primeira (Muthayya et al., 2014).

O cultivo do arroz dá-se sob diversas condições de solo e clima em todo o mundo. Ainda assim, existem práticas mais comuns para o seu cultivo, como é o caso de solos alagados e ligeiramente argilosos, locais com grande exposição solar e temperaturas entre os 21 e os 35 °C (Bhattacharya & Ali, 2015; Khush, 1997). Consoante o país e a variedade de arroz a plantar, a cultura poderá ser sazonal ou anual. As épocas de cultivo são ajustadas de acordo com o clima dos vários países onde é cultivado o arroz. No caso de Portugal, o arroz é considerado uma cultura de verão. Todas estas condições e fatores terão influência no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, nas características, quer fisiológicas quer reológicas, do grão de arroz. Sendo que estas são primeiramente influenciadas ao nível da genética (Bautista & Counce, 2020).

O arroz *Oryza sativa* é composto por 2 subespécies mais comuns: *indica* e *japonica*, sendo que a *indica* representa cerca de 80% do cultivo de arroz no mundo (Smith & Dilday, 2002). A subespécie *indica* é caracterizada pelos seus grãos longos e pelo seu cultivo em climas tropicais, enquanto a *japonica* apresenta uns grãos curtos ou médios e largos e é mais tolerante a climas temperados a frios (Muthayya et al., 2014).

A Figura 6 apresenta as duas subespécies onde se podem observar as diferenças entre os grãos.

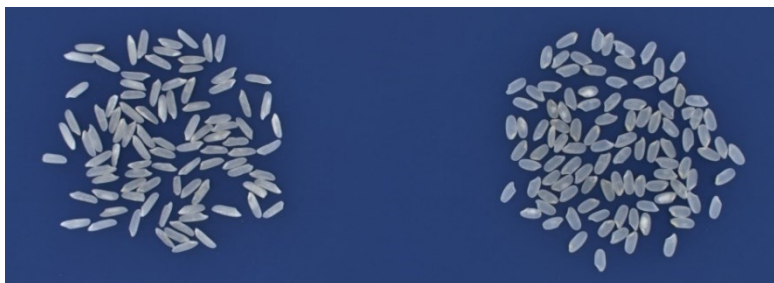


Figura 6: Grãos das subespécies *indica* (à esquerda) e *japonica* (à direita).

Estas subespécies diferem ainda noutras questões, como por exemplo, no seu tempo de maturação, uma vez que a *japonica* amadurece mais cedo, tendo um tempo de crescimento mais curto que a *indica* (Bhattacharya & Ali, 2015).

Após a colheita do grão de arroz, este é sujeito a um procedimento de secagem, essencial para evitar a deterioração do grão durante o armazenamento. De forma a conseguir um armazenamento o mais seguro possível e conforme os teores fixados na legislação, a secagem deve permitir ao grão atingir um teor de humidade entre 12 e 14% (Bhattacharya & Ali, 2015; Muthayya et al., 2014).

3.2. Estrutura anatómica do grão

O grão de arroz apresenta diversas camadas na sua constituição, que podem ser agrupadas em duas partes: a casca e a cariopse. A Figura 7 representa a morfologia do grão de arroz, que se encontra descrita de seguida.

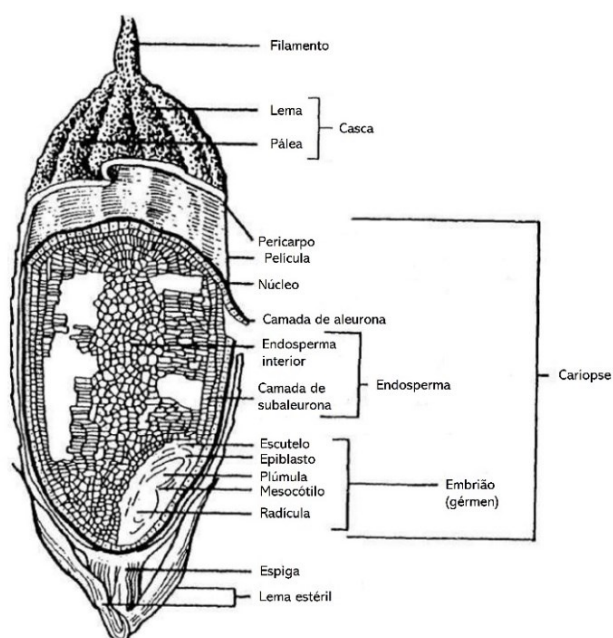


Figura 7: Estrutura detalhada do grão de arroz (adaptada de (Zhou et al., 2002b)).

A casca é composta pela lema e pela pálea, que formam a camada protetora do grão, removida na etapa de descasque. A cariopse é a parte edível do grão, que corresponde ao arroz integral, e é constituída pelo pericarpo, pela película, pelo núcleo, pela camada de aleurona e pelo gérmen. Este último corresponde ao embrião da semente do arroz, localiza-se na base do grão no lado ventral e representa apenas 2 a 3% do peso do arroz integral (Bhattacharya & Ali, 2015; Juliano & Tuano, 2019).

O interior do grão é composto maioritariamente pelo endosperma. Este divide-se em duas áreas: a camada de subaleurona, que, por sua vez, é constituída por duas camadas externas adjacentes à

camada de aleurona, e o endosperma interior, a região central do grão.

As duas camadas pertencentes à camada de subaleurona são ricas em lípidos e proteínas (Zhou et al., 2002b). O endosperma interior consiste em células de paredes finas que se encontram preenchidas por corpos proteicos e grãos de amido (Bautista & Counce, 2020; Juliano & Túaño, 2019).

A morfologia descrita é comum a qualquer variedade de arroz, no entanto a composição nutricional e, principalmente, a química diferem entre as variedades.

3.3. Composição química e nutricional

Os compostos presentes no arroz encontram-se distribuídos pelas várias frações do grão. Como tal, estes variam amplamente dependendo das condições de cultivo, de processamento e da variedade do arroz (Zhou et al., 2002b).

As camadas mais externas do grão apresentam quantidades significativas de macronutrientes como lípidos, proteínas, fibras e açúcares, assim como de vitaminas e minerais (Zhou et al., 2002b). Porém, os processos industriais de descasque e branqueamento resultam em perdas dos mesmos, tornando o arroz mais pobre, sobretudo, no que diz respeito aos micronutrientes, pois os restantes também se encontram presentes no interior do grão. Por conseguinte, o arroz integral e o arroz branqueado diferem bastante na sua composição. O arroz integral é mais rico nutricionalmente, pois apenas sofre o descasque, mantendo assim a película e os respetivos nutrientes, como a fibra, a proteína e as vitaminas.

Na Tabela 1 apresentam-se as diferenças de composição nutricional entre o farelo (sêmea) de arroz, o arroz integral e o arroz branqueado.

Tabela 1: Composição nutricional aproximada por 100 g de várias partes do arroz (adaptada de (Bao, 2018; Juliano & Túaño, 2019; Saleh et al., 2019)).

Nutrientes por 100 g	Farelo de arroz	Arroz integral	Arroz branqueado
Água (g)	14	14	14
Energia (kJ)	1670 – 1990	1480 – 1610	1460 – 1560
Energia (kcal)	399 – 476	358 – 388	349 – 373
Proteína (g)	11,3 – 14,9	7,1 – 8,3	6,3 – 7,1
Lípidos (g)	15,0 – 19,7	1,6 – 3,1	0,3 – 0,7
Cinzas (g)	6,6 – 9,9	1,0 – 1,5	0,3 – 0,8
Hidratos de carbono (g)	34 – 62	73 – 87	77 – 89
Fibra (g)	19 – 29	2,9 – 4,4	0,7 – 2,7
Açúcares (g)	5,5 – 6,9	0,7 – 1,9	0,1 – 0,5

Vitamina B1 (Tiamina) (mg)	1,2 – 2,4	0,29 – 0,61	0,02 – 0,11
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg)	0,18 – 0,43	0,04 – 0,14	0,02 – 0,06
Vitamina B3 (Niacina) (mg)	26,7 – 49,9	3,5 – 5,3	1,3 – 2,4
Vitamina B5 (Ácido pantoténico) (mg)	–	0,9 – 1,5	0,34 – 0,77
Vitamina E (α -tocoferol) (mg)	2,6 – 13,3	0,9 – 2,5	0,075 – 0,3
Cálcio (mg)	30 – 120	10 – 50	10 – 30
Potássio (mg)	–	120 – 340	14 – 120
Ferro (mg)	8,6 – 43	0,7 – 5,4	0,2 – 2,7
Zinco (mg)	4,3 – 25,8	1,5 – 2,2	0,3 – 2,1

O grão de arroz pode ser sujeito a tratamentos, sendo o mais comum a vaporização – processo hidrotérmico pelo qual o arroz (em casca ou em película) é imerso numa quantidade limitada de água, exposto a altas temperaturas e pressão e, finalmente, seco de modo lento. Este processo tem como objetivo a gelatinização do amido contido no grão, sem que este sofra grandes alterações de tamanho e forma (Bhattacharya & Ali, 2015; Juliano & Tũaño, 2019). O grão acaba por adquirir uma cor própria – um tom mais dourado, que se deve a reações de Maillard não enzimáticas, e a transferência de pigmentos e outros nutrientes provenientes da casca (Siriamornpun et al., 2008).

A vaporização provoca alterações essencialmente positivas no arroz, que são causadas sobretudo pela etapa de imersão e pela temperatura a que o arroz é exposto. Verificam-se diferenças significativas ao nível das propriedades físicas, químicas e de cozedura do arroz (Bautista & Counce, 2020; Siriamornpun et al., 2008), quando comparado a um arroz branco que não sofreu vaporização.

Através da alteração da estrutura do amido, o grão de arroz torna-se mais firme e capaz de resistir a quebras na etapa de branqueamento, assim como a possíveis degradações por parte de insetos durante o armazenamento, o que se traduz num aumento do rendimento industrial deste arroz. Além disto, verificam-se melhorias na qualidade do grão e no seu conteúdo nutricional, devido à migração de micronutrientes existentes na casca ou na película para o grão, o que, conseqüentemente, resulta numa diminuição das perdas nutricionais no processo industrial do arroz (Chukwu & Oseh, 2009; Siriamornpun et al., 2008). Quando cozido, o grão vaporizado apresenta uma textura diferente, maior firmeza e uniformidade, os grãos apresentam-se mais soltos e o tempo necessário para a sua cozedura é menor (Siriamornpun et al., 2008).

3.3.1. Amido

O amido é o principal componente do arroz branqueado, representando cerca de 90% do conteúdo do grão. Este hidrato de carbono, comum na constituição das plantas sob a forma de grãos, apresenta-se no arroz com os grãos mais pequenos comparado a todas as outras plantas.

O amido é um polissacarídeo formado por unidades de glicose e que apresenta importantes funções de reserva energética. É constituído essencialmente pela amilose e pela amilopectina, sendo as percentagens das duas diferentes de acordo com a variedade de arroz e a respetiva subespécie. A amilose é um hidrato de carbono de cadeia linear, solúvel em água, constituído por várias unidades de D-glucose unificadas por ligações $\alpha(1,4)$ glicosídicas. Normalmente esta estrutura tende a organizar-se em hélice, com lípidos incluídos no seu interior. A amilopectina é em tudo semelhante à amilose, mas apresenta-se com uma estrutura de cadeia ramificada através de ligações $\alpha(1,6)$ glicosídicas e é uma molécula insolúvel em água (Freitas, n.d.). Na Figura 8 encontram-se representadas as estruturas referidas.

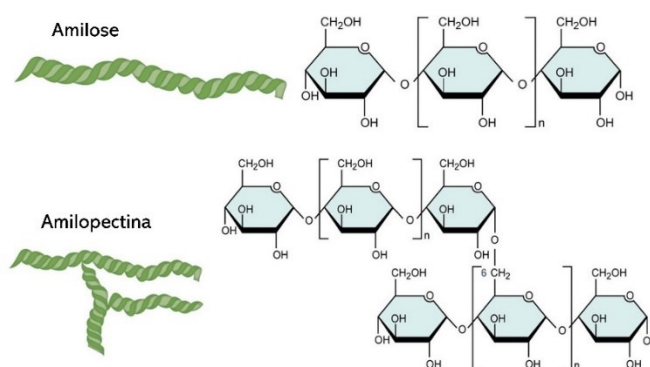


Figura 8: Estruturas químicas da amilose e da amilopectina (adaptada de (Amylose or Amylopectin?, n.d.)).

O arroz pode ser classificado de acordo com o seu teor de amilose, sendo que se designa de arroz glutinoso quando a percentagem de amilose é inferior a 2%, já o arroz comum distribui-se pelas classes muito baixo (5 a 12%), baixo (12 a 20%), intermédio (20 a 25%) e alto (superior a 25%). De modo geral, as variedades de arroz pertencentes à subespécie *japonica* têm uma menor percentagem de amilose, estando dentro das classes baixo a intermédio, enquanto as da subespécie *indica* podem-se encontrar em qualquer classe, mas são muitas vezes referidas como tendo maiores percentagens que as da subespécie *japonica* (Ayabe et al., 2009; Bao, 2018). Tanto a amilose como a amilopectina afetam as propriedades de viscosidade do amido e, conseqüentemente, o comportamento do arroz no momento da cozedura. Contudo, a amilose destaca-se pelo impacto determinante que tem na qualidade do grão cozido, assim como na textura, na capacidade de absorção de água, na viscosidade, na maciez e até na brancura e brilho do grão (Juliano, 1984; Zhou et al., 2002b). O arroz com baixo teor de amilose é geralmente macio e pegajoso quando cozido, enquanto o arroz com alto teor de amilose tende a ser mais firme (Balindong et al., 2018).

Por forma a entender a grande influência do amido no arroz, durante e após a sua cozedura, é essencial compreender dois fenómenos decorrentes nos grãos de amido, são eles a gelatinização e a retrogradação (Bao, 2018). A reação de gelatinização dá-se na presença de água e temperaturas altas, que provocam a hidratação e conseqüente inchaço dos grãos de amido devido à quebra das ligações intermoleculares entre a amilose e a amilopectina, ação esta irreversível (Tako et al., 2014). À

medida que os grãos se vão expandindo, a amilose começa a migrar para a fase aquosa, aumentando assim a viscosidade da solução. A amilose dissolve-se devido à sua capacidade de solubilidade em água e com o contínuo aquecimento e hidratação dos grãos, a viscosidade atinge o seu máximo, resultando depois numa quebra da mesma e na desintegração dos grãos, fazendo com que a amilopectina passe a estar presente na solução.

O processo de retrogradação dá-se com o arrefecimento da pasta de amido abaixo da temperatura de transição vítrea (T_g), fazendo com que a amilose e a amilopectina se reassociem, o que resulta no aumento da viscosidade e na formação de um gel de amido opaco e elástico. Esta reação envolve a rápida recristalização da amilose e, contrariamente, a lenta recristalização da amilopectina (Bao, 2018). A retrogradação da amilose determina a dureza inicial do gel de amido, assim como a sua viscosidade, enquanto a retrogradação da amilopectina é responsável pelo desenvolvimento da estrutura do gel de amido a longo prazo, estando associada a mudanças reológicas durante grandes períodos de armazenamento (Bao, 2018; Wang et al., 2015).

Outro fator importante é a temperatura a que o amido inicia e finaliza a gelatinização, bem como a temperatura à qual se dá o inchaço dos grãos de amido (considerada como temperatura de gelatinização), pois estão relacionadas com o tempo e a qualidade de cozedura do arroz. Um arroz com uma temperatura de gelatinização mais elevada dá origem a um grão cozido mais duro do que um arroz com uma temperatura de gelatinização menor (Bao et al., 2007).

3.3.2. Proteínas

O arroz apresenta um teor de proteínas entre 6 e 8%, considerado baixo quando comparado a outros cereais em grão (Bao, 2018; Zhou et al., 2002b).

As proteínas do arroz podem ser encontradas em diferentes partes do grão, sendo mais abundantes nas camadas mais externas e, por isso, sofrendo uma diminuição com os processos de descasque e branqueamento. O endosperma contém as proteínas presentes no interior do grão: a orizenina é a principal proteína do arroz, seguindo-se em menores quantidades a albumina, a globulina, a prolamina e a glutelina, ricas em aminoácidos essenciais. Estas localizam-se maioritariamente na forma de corpos proteicos de dois tipos: esféricos e cristalinos (Zhou et al., 2002b).

Vários estudos têm vindo a demonstrar que o conteúdo de proteína no grão de arroz influencia a sua qualidade quando cozido, no entanto, esta relação ainda não está bem entendida (Balindong et al., 2018).

3.3.3. Lípidos

Os lípidos representam a menor classe de nutrientes presente no arroz, no entanto, têm um

importante significado fisiológico e funcional. Consistem principalmente em ácidos gordos insaturados e estão localizados na camada de aleurona, no embrião e no endosperma, representando funções determinantes no que diz respeito ao processamento, à qualidade de cozedura e ao armazenamento do arroz (Bao, 2018).

Tendo por base a sua distribuição no grão, os lípidos são classificados como lípidos de amido, pela sua ligação aos grãos de amido, e como lípidos não ligados ao amido, que podem estar presentes em qualquer uma das partes do grão mencionadas acima, mas sobretudo na camada de aleurona, sendo uma potencial fonte de compostos bioativos (Bao, 2018; Zhou et al., 2002b). Contudo, durante a cozedura do arroz ocorre uma perda dos lípidos não ligados ao amido.

Os complexos amilose-lípidos são outro fator com impacto nas propriedades de gelatinização e retrogradação (Bao, 2018; Zhou et al., 2002b).

3.3.4. Compostos aromáticos

As propriedades sensoriais do arroz são um fator bastante importante para o seu consumo, uma vez que o arroz é maioritariamente consumido sem adição de grandes temperos. Como tal, o seu aroma é um critério que pode tornar o arroz desejável ou indesejável ao consumidor (Champagne, 2008).

O principal composto aromático presente em todos os tipos de arroz é o 2-acetil-1-pirrolina (2-AP), que se traduz num aroma semelhante ao da pipoca. As culturas aromáticas apresentam este composto numa concentração de cerca de 10 vezes superior comparado com as culturas não aromáticas, razão pela qual nestes tipos de arroz é perceptível um aroma característico (Hu et al., 2020).

Apesar de já terem sido identificados mais de 300 compostos voláteis no arroz, a confirmação dos compostos chave ou grupo de compostos responsáveis pelo aroma completo do arroz tem-se mostrado uma pesquisa complexa (Hu et al., 2020; Ramtekey et al., 2021).

O armazenamento do arroz pode provocar a deterioração do seu aroma, através do aumento dos aromas indesejáveis e, também, da perda do 2-acetil-1-pirrolina (Hu et al., 2020). Dependendo do tempo e condições, como temperatura, embalagem, humidade, a que o arroz é sujeito no armazenamento, o nível da deterioração poderá ser maior ou menor.

A acumulação de compostos voláteis indesejáveis no arroz promove a produção de *off-flavors* durante a cozedura, devido à oxidação dos ácidos gordos constituintes do grão. A concentração do aldeído hexanal está relacionada com o aparecimento de aromas rançosos no arroz quando cozido (Hu et al., 2020; Ramtekey et al., 2021).

Hu et al. (2020) obtiveram resultados em que o conteúdo de 2-acetil-1-pirrolina diminui para cerca de metade em apenas 3 meses de armazenamento, quer em arroz branqueado, em película ou em

casca.

Porém, as relações entre os compostos voláteis e os aromas identificados não se encontram bem estabelecidas, pelo que é necessário encontrar compostos chave e fazer também ligação a resultados sensoriais (Hu et al., 2020).

3.4. Efeito do armazenamento e envelhecimento no arroz

Sendo uma cultura sazonal ou anual, que, no máximo, pode crescer duas vezes por ano, o arroz é sujeito a longos períodos de armazenamento de forma a estar disponível o ano inteiro (Bhattacharya & Ali, 2015; Patindol et al., 2005). O próprio grão de arroz dispõe de condições adequadas para se manter durante estes longos períodos. Preferencialmente, o arroz é armazenado em casca dado que esta fornece uma proteção extra ao grão contra os insetos e ajuda a prevenir a deterioração da qualidade do arroz (Bao, 2018; Bautista & Counce, 2020; Bhattacharya & Ali, 2015). Consequentemente, no decorrer do armazenamento, o arroz sofre mudanças no seu comportamento, que são identificadas como o envelhecimento do arroz, fenómeno único por não se verificar em nenhum outro cereal de grão (Bhattacharya, 2011).

O envelhecimento do arroz, além de descrito como um processo único, é também complexo e alvo de pesquisa e investigação contínuas. Este pode ser definido pela ocorrência de várias alterações das propriedades físico-químicas do grão de arroz, que, por sua vez, têm influência nas propriedades reológicas e na textura do arroz cozido (Zhou et al., 2002a).

De um modo geral, após a colheita, o arroz cozido tem tendência a apresentar-se macio e pegajoso. Após o seu armazenamento por vários meses, período esse em que o grão sofreu alterações, o arroz cozido mostra-se comparativamente mais seco e firme (Bhattacharya, 2011; Bhattacharya & Ali, 2015; Zhou et al., 2002a). Este fenómeno de envelhecimento pode ser desejável ou indesejável, dependendo da região geográfica, das culturas e dos hábitos alimentares de cada uma. Por exemplo, no sul da Ásia existe uma preferência pelo arroz envelhecido, exatamente por causa da sua textura menos pegajosa, enquanto no norte da Ásia já optam pelo contrário (Bhattacharya, 2011; Zhou et al., 2015).

Ainda que o envelhecimento do arroz não seja completamente compreendido, certos estudos sugerem alterações ao nível dos macro e microconstituintes do grão, sem que haja diferenças nos seus teores (Bao, 2018; Zhou et al., 2015). Além disso, sugerem também que os efeitos nas propriedades reológicas e de cozedura estão associados com as interações entre o amido e os restantes componentes do arroz, que ocorrem durante o armazenamento (Zhou et al., 2015). A variedade do arroz, as condições de armazenamento e o teor de amilose são fatores que têm igualmente influência no envelhecimento (Saikrishna et al., 2018; Sodhi et al., 2003).

Chrastil (1990) reportou que a proteína orizenina praticamente duplicou o seu peso molecular

quando sujeita a armazenamento a altas temperaturas por meio de ligações a moléculas maiores. A temperaturas mais baixas, a diferença entre os pesos moleculares de um arroz pós-colheita e um arroz armazenado não é tão grande. Verificou também que a capacidade de interação da orizenina com o amido diminui ao longo do armazenamento, deixando o amido totalmente responsável pelas propriedades reológicas do arroz (Chrastil, 1990; Sodhi et al., 2003).

A formação de complexos amilose-lípidos durante o armazenamento está também relacionada com as alterações de textura do arroz cozido, visto que tornam o arroz mais duro ao restringir o inchaço dos seus grãos de amido (Sodhi et al., 2003; Zhou et al., 2015). Verifica-se também um aumento dos lípidos não ligados ao amido, que estão envolvidos em reações de oxidação (Zhou et al., 2002a).

Por último, destaca-se a ligação entre o conteúdo de amilose e a progressão do envelhecimento, tendo sido confirmado que as variedades com maior teor de amilose sofrem um processo de envelhecimento mais acelerado (Zhou et al., 2003, 2015).

As propriedades reológicas do arroz têm sido as mais estudadas relativamente ao envelhecimento, o que as identifica como sendo, de facto, as mais sensíveis a este fenómeno (Bhattacharya, 2011; Zhou et al., 2002a).

Dependendo do tipo de arroz, os efeitos provocados na qualidade do grão parecem ser, na sua maioria, benéficos (Butt et al., 2008; Saikrishna et al., 2018). Tem até sido investigado o envelhecimento artificial, por forma a alcançar alterações semelhantes no arroz num menor tempo e a um custo inferior (Zhou et al., 2015).

Posto isto, a investigação sobre este mecanismo deve continuar, a fim de alcançar uma maior compreensão das alterações já verificadas no arroz e de atingir informações vantajosas para que as indústrias de transformação de arroz possam correlacionar as condições de envelhecimento com as funcionalidades de processamento de diferentes variedades de arroz (Zhou et al., 2015).

3.5. Designações legais e comerciais

A comercialização de arroz *Oryza sativa* em Portugal está definida segundo o Decreto-Lei n.º 157/2017, que especifica as características às quais o produto deve obedecer, fixa os tipos e as classes comerciais e estabelece as normas técnicas relativas à comercialização, acondicionamento e rotulagem do arroz (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017).

O arroz pode ser classificado quanto ao seu estado físico, à dimensão dos seus grãos, ao tratamento a que é sujeito e, para efeitos comerciais, ainda são considerados os subprodutos resultantes do seu processo industrial.

Assim, relativamente ao estado físico, pode encontrar-se arroz em casca, envolvido pela casca após debulha; arroz descascado ou em película, ao qual apenas foi removida a casca; arroz

semibranqueado, ao qual foi removida a casca, uma parte do gérmen e todas ou parte das camadas externas do pericarpo; e arroz branqueado, do qual foi eliminada a casca, a totalidade das camadas externas e internas do pericarpo, a totalidade ou parte do gérmen, em que podem ainda existir estrias brancas longitudinais no máximo em 10% dos grãos (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017).

Quanto à dimensão dos grãos, o arroz é distinguido entre grãos redondos, grãos médios e grãos longos das categorias A ou B, de acordo com o seu comprimento e a respetiva relação comprimento/largura. As classificações são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do arroz quanto à dimensão dos grãos. (Fonte: (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017)).

Classificação	Comprimento (mm)	Relação comprimento/largura
Arroz de grãos redondos	$C < 5,2$	$R < 2$
Arroz de grãos médios	$5,2 < C < 6,0$	$R < 3$
Arroz de grãos longos da Categoria A	$C > 6,0$	$2 < R < 3$
Arroz de grãos longos da Categoria B	$C > 6,0$	$R \geq 3$

Conforme o tratamento aplicado ao arroz, pode designar-se arroz vaporizado ou estufado, se em casca ou película foi imerso em água, submetido a vaporização e secagem, e depois transformado industrialmente para consumo, e cujo amido se encontra totalmente gelatinizado; arroz pré-cozido, se sofreu um tratamento físico a fim de reduzir significativamente o seu tempo de cozedura; arroz glaciado, arroz branqueado envolvido por uma película de glucose e talco; arroz matizado, arroz branqueado envolvido por uma camada de óleo; e arroz tufado, arroz em película ou branqueado submetido a alta pressão e temperatura, que se expande tornando-se inchado e crocante (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017).

Os grãos de arroz são também alvo de definição consoante os defeitos de cor e tamanho que possam apresentar e, consecutivamente, são estabelecidos limites e tolerâncias para a comercialização de arroz com a presença destes grãos. Dos limites mencionados surgem duas classes comerciais: Extra e Comum, que variam segundo a percentagem máxima dos grãos defeituosos, sendo a classe Extra a que apresenta menores percentagens e, portanto, considerada de melhor qualidade (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017).

A junção de todas as classificações anteriormente mencionadas dão origem à denominação de venda do arroz, como, por exemplo: Arroz Longo Extra Branqueado.

No mercado existem designações mais conhecidas pelos consumidores para os diferentes tipos de arroz. Estes são distinguidos de acordo com o tamanho dos seus grãos, as suas características e o seu comportamento na cozedura (Novarroz, 2022e):

- **Agulha:** variedade pertencente à subespécie *indica*; apresenta grãos longos e estreitos,

com alto teor em amilose e uma textura consistente quando cozido, ficando sempre solto no prato;

- **Carolino:** variedade tipicamente portuguesa pertencente à subespécie *japonica*; apresenta grãos longos e arredondados, com baixo teor em amilose e uma textura cremosa quando cozido; este arroz é adequado para absorver os sabores dos condimentos e para pratos caldosos;
- **Risotto:** arroz tradicionalmente italiano; de grão médio a longo, que absorve bem a água e os sabores durante a cozedura, obtendo-se uma pasta cremosa e grãos de consistência firme;
- **Basmati:** variedade aromática originária da Índia ou do Paquistão; apresenta grãos longos e finos; quando cozido tem uma textura e sabor característicos; é normalmente associado a um arroz de elevada qualidade;
- **Jasmin:** variedade aromática; apresenta grãos longos, finos e com aroma a Jasmin; quando cozido fica sempre solto e macio;
- **Selvagem:** apesar de ser intitulado como “arroz”, este provém de sementes de uma planta aquática selvagem do género *Zizania*, com origem na América do Norte; os seus grãos são longos, finos e negros ou acastanhados; possui um sabor a frutos secos e é rico em vitaminas do complexo B.

A Figura 9 ilustra todos os tipos e as classificações de arroz anteriormente descritos/as.



Figura 9: Diferentes tipos de arroz e respetivos grãos.

A restante informação que deve ser prestada ao consumidor ao nível de rotulagem é comum a qualquer género alimentício e encontra-se definida pelo Regulamento (EU) n.º 1169/2011, que estabelece a informação de presença obrigatória na embalagem de um produto alimentar (Regulamento (UE) n.º 1169/2011, 2011).

4. Materiais e Métodos

4.1. Pesquisa e interpretação de legislação relativa à Rotulagem

Com o intuito de ajudar a empresa no seu objetivo de entrar em novos mercados, efetuaram-se pesquisas e consulta de legislação relativa a rotulagem, por forma a perceber as informações obrigatórias requeridas por cada um dos mercados pretendidos – Estados Unidos da América e Canadá – e as respetivas regras associadas.

No caso dos Estados Unidos da América consultou-se o *site da FDA – Food & Drug Administration*, agência responsável por proteger a saúde pública americana, garantindo a segurança e eficácia em toda a cadeia alimentar, entre outros fornecimentos ou serviços (FDA, 2022). Na secção relativa à área Alimentar está disponível bastante informação, nomeadamente sobre rotulagem e nutrição, ingredientes e embalagens, *food defense*, químicos, metais e pesticidas nos alimentos, etc. Explorando toda esta informação, foi possível obter vários documentos guia para as indústrias alimentares, bem como, consultar a legislação em vigor (CFR – *Code of Federal Regulations* Title 21 Food and Drugs Part 101 Food Labeling).

Para o Canadá seguiram-se os mesmos passos, consultando o *site da CFIA – Canada Food Inspection Agency*, agência dedicada à defesa dos alimentos, animais e plantas, resultando na proteção do bem-estar das pessoas, do meio ambiente e da economia do Canadá (CFIA, 2022). Este site detém de uma ferramenta de rotulagem para a indústria alimentar, que providencia toda a informação atualizada, e também permite a consulta da legislação em vigor (FDR – *Food and Drug Regulations* (C.R.C., c. 870) Part B Foods).

Recolhida toda a informação necessária, procedeu-se à sua interpretação e aplicação a alguns produtos da empresa. A observação e análise de exemplos de rótulos de produtos semelhantes dos países em questão também se mostrou uma ajuda muito útil na execução desta tarefa.

Neste âmbito, foi ainda testada a possibilidade de agrupar vários mercados num mesmo rótulo, o que se verificou, desde logo, ser incompatível devido às grandes diferenças entre as legislações e obrigações de cada um dos países.

Além dos mercados pretendidos, foi também realizada uma revisão à legislação em vigor na União Europeia e uma subsequente verificação aos produtos da empresa.

4.2. Caracterização de variedades de arroz e respetivas amostras

As amostras de arroz analisadas pertencem à campanha de 2021/2022 e foram rececionadas pela Novarroz durante os meses de fevereiro a junho, provenientes de diferentes localizações.

Para efeito de apresentação de resultados, as amostras estão devidamente codificadas conforme

o tipo de arroz, dado que a sua real identificação é informação confidencial da empresa. Todas as análises foram executadas em arroz branqueado, previamente processado no laboratório do departamento de qualidade da Novarroz.

Na Tabela 3 estão representadas as 14 variedades caracterizadas, sendo 6 pertencentes à subespécie *indica* e as restantes 8 à subespécie *japonica*.

Tabela 3: Amostras de arroz para caracterização de variedades.

Código	Subespécie	Origem
Agulha1	<i>indica</i>	América do Sul
Agulha2	<i>indica</i>	Espanha
Basmati1	<i>indica</i>	Ásia
Basmati2	<i>indica</i>	Ásia
Vaporizado1	<i>indica</i>	América do Sul
Vaporizado2	<i>indica</i>	América do Sul
Carolino1	<i>japonica</i>	Grécia
Carolino2	<i>japonica</i>	Portugal
Carolino3	<i>japonica</i>	Portugal
Médio	<i>japonica</i>	Espanha
Risotto1	<i>japonica</i>	Espanha
Risotto2	<i>japonica</i>	Portugal
Redondo1	<i>japonica</i>	Portugal
Redondo2	<i>japonica</i>	Portugal

4.2.1. Determinação das características biométricas dos grãos de arroz

As características biométricas dos grãos de arroz relacionam-se com as suas propriedades físicas, especialmente o comprimento, a largura, a relação comprimento/largura, o grau de brancura (*kett*), a percentagem de grãos gessados (grão em que pelo menos $\frac{3}{4}$ da sua superfície têm um aspeto opaco e farinhoso (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017)) e os parâmetros de cor $L^*a^*b^*$, especialmente o L^* – brilho ou luminosidade.

O equipamento *VIBE Imaging Analytics QM3* permite analisar estes parâmetros, com exceção do grau de brancura (*kett*), captando uma imagem dos grãos de arroz dispersos no tapete que o próprio equipamento dispõe e analisando-a estatisticamente através do seu software (Figura 10). Além dos parâmetros mencionados, o equipamento é capaz de realizar uma análise mais ampla, fornecendo dados como as percentagens de vários grãos defeituosos, seja por cor e/ou tamanho. No entanto, para o propósito deste trabalho apenas foram necessários os parâmetros referidos no parágrafo anterior.

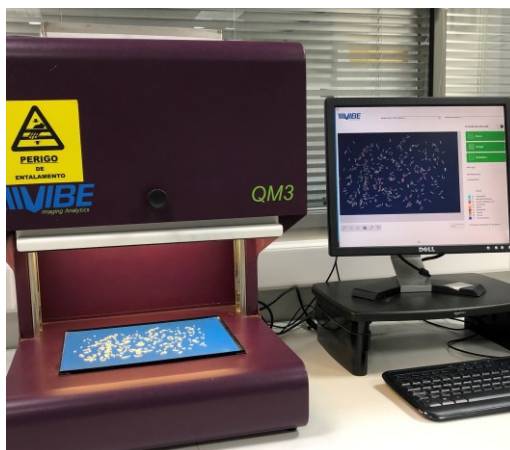


Figura 10: Equipamento VIBE Imaging Analytics QM3.

Já o *kett* é determinado pelo equipamento *Rice Whiteness Tester C-600*, que mede instantaneamente o grau de brancura do arroz, critério diretamente relacionado com o grau de polimento do arroz (Figura 11). Para obter o valor de *kett* de uma amostra, inseriu-se no equipamento uma “cassete” de calibração com o valor padrão de brancura e, seguidamente, uma outra “cassete” com a amostra de arroz, que fez aparecer um novo valor no ecrã (normalmente compreendido entre 5,0 e 69,9), correspondente ao valor de *kett* da respetiva amostra. Um *kett* maior significa uma etapa de branqueamento mais intensa ou uma grande percentagem de grãos gessados, dependendo da variedade de arroz.



Figura 11: Equipamento Rice Whiteness Tester C-600.

4.2.2. Determinação do tempo de cozedura

O tempo de cozedura do arroz foi determinado segundo um protocolo interno da Novarroz, que tem por base o método descrito na ISO 14864:1998 (ISO 14864:1998, 1998).

Deste modo, para a execução deste teste foi necessário preparar 5 difusores e selecionar 20 grãos perfeitos para colocar em cada um dos difusores (Figura 12). De seguida, colocaram-se os

difusores numa panela com água a ferver e, nesse exato momento, começou a contar-se o tempo, deixando a panela com a tampa a cozer a uma temperatura média. Os grãos de arroz devem cozer por um período de tempo mínimo, sendo que este é ajustado de acordo com a variedade em questão. Após este tempo, retirou-se um difusor da panela, de minuto a minuto, mergulhando-o imediatamente em água fria de forma interromper a cozedura dos grãos, guardando-o depois com a indicação do respetivo tempo.



Figura 12: Difusor e grãos selecionados para teste de cozedura.

Para verificar a cozedura dos grãos, retiraram-se os mesmos do difusor, distribuíram-se numa placa de petri e, com ajuda de uma segunda placa de petri, esmagaram-se os grãos. O fator de avaliação está na presença ou ausência de núcleos brancos nos grãos, sendo que o objetivo é a sua ausência na totalidade dos grãos da placa, pois indica que estão cozidos. A Figura 13 ilustra a verificação de cozedura realizada aos grãos de arroz e descrita anteriormente.

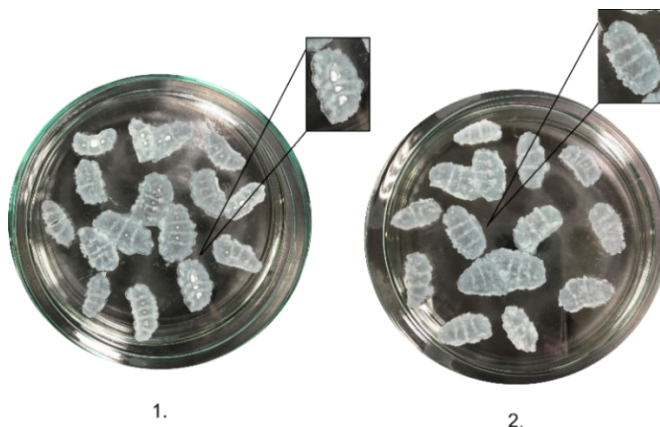


Figura 13: Grãos esmagados entre placas de petri: 1. Presença de núcleos; 2. Ausência de núcleos.

Todo este procedimento foi repetido, por forma a fazer uma média dos núcleos brancos encontrados em cada um dos tempos considerados nos dois ensaios e obter o tempo de cozedura ideal onde 90% dos grãos de arroz estejam cozidos.

4.2.3. Determinação das propriedades de viscosidade do arroz

A viscosidade é umas das principais propriedades reológicas e, no caso do arroz, muito importante no que diz respeito à compreensão do seu comportamento.

A determinação da viscosidade das variedades de arroz foi executada recorrendo ao equipamento *Rapid Visco Analyser (RVA) TecMaster*, um viscosímetro rotacional que, por meios de agitação, mede a viscosidade de um cereal sob variadas condições controladas de aquecimento e arrefecimento. Este equipamento é complementado por um software para computador designado *ThermoCline para Windows (TCW3)* que permite seleccionar o método pretendido e registar a típica curva de viscosidade em função da temperatura e do tempo (Figura 14), que representa o comportamento da amostra (Perten Instruments, n.d.). Os ensaios foram realizados segundo os métodos aprovados pela *American Association of Cereal Chemists (AACC)*.

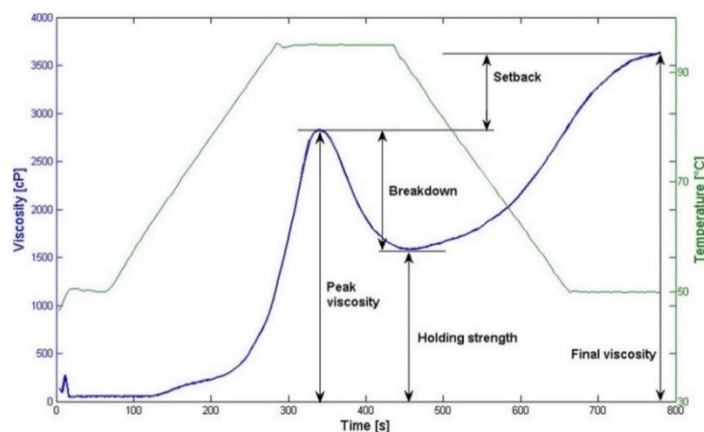


Figura 14: Curva típica RVA: viscosidade (cP – centipoise) em função da temperatura (°C) e do tempo (segundos).

O perfil de viscosidade de uma amostra é obtido através da análise no RVA e representado na respetiva curva de viscosidade, que fornece informações chave para interpretar o comportamento reológico do arroz. O pico de viscosidade corresponde ao valor máximo de viscosidade atingido durante o aquecimento ou a fase de aquecimento/retenção, é indicativo da capacidade de retenção de água do amido e correlaciona-se com a qualidade do produto final. O *breakdown* representa a diferença entre a viscosidade máxima e a mínima (vala de viscosidade), simboliza a desintegração dos grãos de amido e está relacionado com a estabilidade da pasta de amido. O *setback* envolve a reassociação das moléculas de amido durante o arrefecimento, ou seja, o processo de retrogradação do amido e é um parâmetro que se correlaciona com a textura de vários produtos. A viscosidade final é o parâmetro habitualmente utilizado para definir a qualidade de uma amostra, pois indica a capacidade da mesma para formar uma pasta ou um gel viscoso após o ciclo de aquecimento e arrefecimento. A *pasting temperature* indica a temperatura mínima necessária para cozinhar uma determinada amostra, podendo ter implicações na estabilidade de outros componentes da fórmula e indicar, também, custos de energia (Batey, 2007; Kesarwani et al., 2016; Perten Instruments, n.d.).

Assim, esta análise iniciou-se com o arranque do equipamento e do programa TCW3, no qual se selecionou o método AACC Internacional 61-02.01 com o ciclo de tempo/temperatura já definido, apresentado na Tabela 4. Nos primeiros 10 segundos do teste, a amostra é sujeita a uma velocidade

inicial de 960 rpm (rotações por minuto) e o restante teste ocorre a uma velocidade de 160 rpm.

Tabela 4: Ciclo de tempo/temperatura para a determinação do perfil de viscosidade do arroz (Fonte: (AACC International Method 61-02.01, 1999)).

	Temperatura (°C)	Tempo (min:segundos)
1º	50	1:00
2º	95	4:45
3º	95	7:15
4º	50	11:06
Fim do teste		12:30

A preparação da amostra englobou uma sequência de passos (Figura 15). Primeiramente, foi preparada a farinha de arroz, que deve obedecer a um tamanho de partícula igual ou inferior a 0,5 mm. A utilização do moinho 3100 Perten Instruments permitiu a moagem do arroz dentro do parâmetro referido. Depois, foi necessário medir a humidade da farinha, colocando cerca de 5 g da mesma na termo balança HB43-S Halogen Mettler Toledo. O valor de humidade obtido foi inserido no programa TCW3, que calculou as massas corretas de farinha e de água destilada, com base num valor total de 28 g e uma humidade de 12%. Posto isto, pesaram-se as quantidades indicadas de farinha e água destilada em pequenos copos de metal distintos, misturaram-se as duas num único copo e colocou-se uma pá propulsora, que, por sua vez, permite o encaixe na torre do equipamento RVA. Deste modo, foi dada permissão ao programa para iniciar o teste e baixou-se a torre do equipamento. No final, obtém-se uma curva de viscosidade característica da amostra e os resultados dos parâmetros referidos anteriormente. O resultado final desta análise corresponde à média de dois ensaios concordantes entre si.

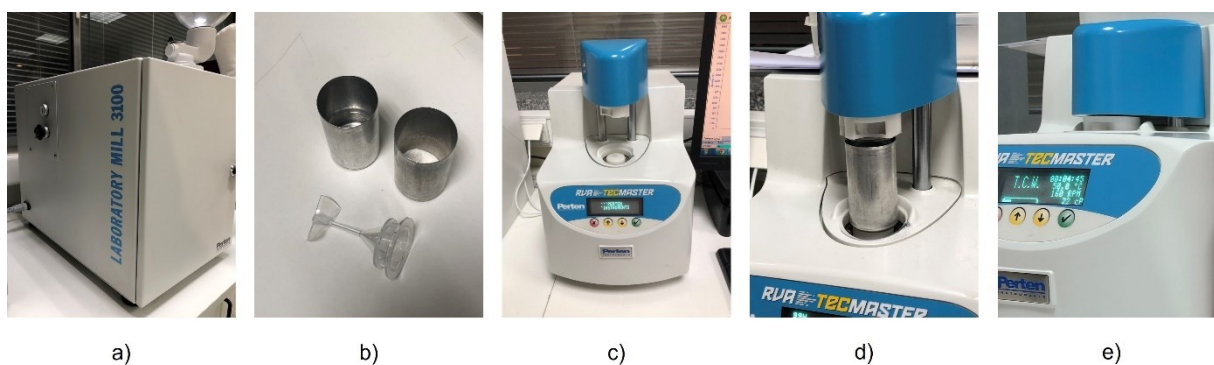


Figura 15: Preparação da amostra para análise RVA: a) moinho 3100 Perten Instruments; b) copos de metal e pá propulsora; c) equipamento RVA; d) copo com pá propulsora encaixada na torre; e) RVA em progresso.

4.3. Avaliação da influência do tempo de prateleira nas propriedades reológicas do arroz e respetivas amostras

Sendo a viscosidade o parâmetro reológico que mais significado tem no comportamento do arroz, fez sentido analisar as suas propriedades em amostras de arroz ao longo do seu tempo de prateleira, de forma a poder interpretar as possíveis alterações não visíveis no grão que ocorrem durante este período e perceber a influência que estas poderão ter nas características do arroz quando cozido.

As amostras destinadas a esta avaliação já se encontravam selecionadas e armazenadas de antemão, pois este trabalho tem vindo a ser executado pela empresa ao longo do tempo. Nesta fase, foi-me atribuída a responsabilidade de dar continuidade ao trabalho. A determinação das propriedades de viscosidade destas amostras seguiu o método descrito no ponto 4.2.3.

O procedimento anteriormente desenvolvido foi analisar o arroz no dia em que este chegou à empresa (tempo de prateleira de 0 meses) e depois armazená-lo num local seco, fresco e sem exposição solar, como é aconselhável para este alimento. As amostras armazenaram-se tal como foram recebidas pela empresa (em casca ou em película) e, também, já branqueadas. As análises seguintes foram sendo realizadas de 6 em 6 meses para cada uma das amostras. É de salientar que todas foram executadas no arroz branqueado, com o propósito de perceber qual o impacto do modo de armazenamento no arroz pronto para consumo.

Posto isto, cada amostra de arroz foi agrupada em várias subamostras, de acordo com o modo e o tempo de armazenamento a que foram sujeitas. Analisou-se o arroz armazenado em branco tal e qual como estava e, também, com um leve polimento de 10 segundos, de forma a simular uma nova passagem no moinho, para retirar o pericarpo superficial. O arroz armazenado em casca ou em película sofreu as respetivas etapas de transformação para arroz branqueado apenas no momento da própria análise.

Nas Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 estão representadas as variedades estudadas e os respetivos tempos de prateleira. As amostras foram codificadas e divididas por tipo de arroz e subespécie em diferentes tabelas apenas para facilitar a sua apresentação e leitura.

Ressalva-se que o facto de algumas codificações das variedades estudadas para este efeito serem iguais às apresentadas no ponto 4.2, não é indicação de que correspondem à mesma amostra de arroz.

Tabela 5: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Basmati e subespécie indica.

Amostra	Código	Teste	Tempo
Basmati1	Basmati1_T0	Branco	0 meses
	Basmati1_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Basmati1_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati1_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Basmati1_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati1_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Basmati1_T18+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati1_T24	Armazenado em branco	24 meses
Basmati1_T24+	Armazenado em branco + 10s		
Basmati2	Basmati2_T0	Branco	0 meses
	Basmati2_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Basmati2_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati2_T6P	Armazenado em película	
	Basmati2_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Basmati2_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati2_T12P	Armazenado em película	
	Basmati2_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Basmati2_T18+	Armazenado em branco + 10s	
	Basmati2_T18P	Armazenado em película	

Tabela 6: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Jasmin e subespécie indica.

Amostra	Código	Teste	Tempo
Jasmin1	Jasmin1_T0	Branco	0 meses
	Jasmin1_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Jasmin1_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Jasmin1_T6P	Armazenado em película	
	Jasmin1_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Jasmin1_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Jasmin1_T12P	Armazenado em película	
	Jasmin1_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Jasmin1_T18+	Armazenado em branco + 10s	
	Jasmin1_T18P	Armazenado em película	
Jasmin2	Jasmin1_T24	Armazenado em branco	24 meses
	Jasmin1_T24+	Armazenado em branco + 10s	
	Jasmin1_T24P	Armazenado em película	
Jasmin2	Jasmin2_T0	Branco	0 meses
	Jasmin2_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Jasmin2_T6+	Armazenado em branco + 10s	

Jasmin2_T6P	Armazenado em película	
Jasmin2_T12	Armazenado em branco	12 meses
Jasmin2_T12+	Armazenado em branco + 10s	
Jasmin2_T12P	Armazenado em película	
Jasmin2_T18	Armazenado em branco	18 meses
Jasmin2_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Jasmin2_T18P	Armazenado em película	

Tabela 7: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Agulha e subespécie indica.

Amostra	Código	Teste	Tempo
Agulha1	Agulha1_T0	Branco	0 meses
	Agulha1_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Agulha1_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha1_T6C	Armazenado em casca	
	Agulha1_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Agulha1_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha1_T12C	Armazenado em casca	
	Agulha1_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Agulha1_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha1_T18C	Armazenado em casca		
Agulha2	Agulha2_T0	Branco	0 meses
	Agulha2_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Agulha2_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha2_T6P	Armazenado em película	
	Agulha2_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Agulha2_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha2_T12P	Armazenado em película	
	Agulha2_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Agulha2_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha2_T18P	Armazenado em película		
Agulha3P	Agulha3P_T0	Branco	0 meses
	Agulha3P_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Agulha3P_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha3P_T6P	Armazenado em película	
	Agulha3P_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Agulha3P_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Agulha3P_T12P	Armazenado em película	
	Agulha3P_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Agulha3P_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha3P_T18P	Armazenado em película		
Agulha3C	Agulha3C_T0	Branco	0 meses
	Agulha3C_T6	Armazenado em branco	6 meses

Agulha3C_T6+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha3C_T6C	Armazenado em casca	
Agulha3C_T12	Armazenado em branco	12 meses
Agulha3C_T12+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha3C_T12C	Armazenado em casca	
Agulha3C_T18	Armazenado em branco	18 meses
Agulha3C_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Agulha3C_T18C	Armazenado em casca	

Tabela 8: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Carolino e subespécie japônica.

Amostra	Código	Teste	Tempo
Carolino1	Carolino1_T0	Branco	0 meses
	Carolino1_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Carolino1_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Carolino1_T6C	Armazenado em casca	
	Carolino1_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Carolino1_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Carolino1_T12C	Armazenado em casca	
	Carolino1_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Carolino1_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Carolino1_T18C	Armazenado em casca		
Carolino2	Carolino2_T0	Branco	0 meses
	Carolino2_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Carolino2_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Carolino2_T6C	Armazenado em casca	

Tabela 9: Amostras de arroz para avaliação da influência do tempo de prateleira. Tipo de arroz Médio e subespécie japônica.

Amostra	Código	Teste	Tempo
Médio	Médio_T0	Branco	0 meses
	Médio_T6	Armazenado em branco	6 meses
	Médio_T6+	Armazenado em branco + 10s	
	Médio_T6C	Armazenado em casca	
	Médio_T12	Armazenado em branco	12 meses
	Médio_T12+	Armazenado em branco + 10s	
	Médio_T12C	Armazenado em casca	
	Médio_T18	Armazenado em branco	18 meses
	Médio_T18+	Armazenado em branco + 10s	
Médio_T18C	Armazenado em casca		

4.4. Análise estatística

As características biométricas dos grãos foram determinadas através de apenas um ensaio, pelo equipamento *VIBE Imaging Analytics QM3* e *Rice Whiteness Tester C-600*. O tempo de cozedura determinou-se também a partir de um ensaio. Os parâmetros de viscosidade determinaram-se a partir da execução de duas réplicas e os resultados apresentados correspondem à sua média \pm desvio padrão.

De forma a analisar estatisticamente os resultados obtidos e estudar relações significativas entre os diversos parâmetros, foram efetuadas correlações de Pearson. Para as propriedades de viscosidade das amostras relativas à caracterização de variedades foi aplicada uma análise de variância unilateral (ANOVA) seguida de teste de Tukey, com o intuito de avaliar as diferenças estatisticamente significativas entre as médias. Para as propriedades de viscosidade das amostras relativas à avaliação da influência do tempo de prateleira foi aplicada uma análise de variância unilateral (ANOVA) seguida de teste de Dunnett para cada uma das amostras e considerou-se a amostra com tempo de prateleira de 0 meses como controlo, avaliando as diferenças estatisticamente significativas entre as médias da amostra de controlo e as dos restantes meses estudados. O software GraphPad Prism 9 foi utilizado para a realização de todas as análises e correlações referidas, assim como, foi sempre considerado um intervalo de confiança de 95%, ou seja, $p < 0,05$ indica a existência de diferenças significativas.

Em Apêndice podem ser consultados todos os resultados em pormenor.

5. Resultados e Discussão

5.1. Elaboração de Manuais de Rotulagem

Como resultado do ponto 4.1. Pesquisa e interpretação de legislação relativa à Rotulagem, elaboraram-se vários Manuais de Rotulagem (para uso interno), cada um correspondente a um dos mercados em questão, englobando as informações mais importantes de forma resumida, acessível e adaptada aos produtos da Novarroz.

Sendo assim, criaram-se três Manuais de Rotulagem, um para os Estados Unidos da América, outro para o Canadá e outro para a Europa. Todos se basearam no mesmo modelo, em que, primeiramente, são apresentadas as informações obrigatórias a ter no rótulo da embalagem, logo depois é feita a descrição das regras de cada um dos tópicos obrigatórios. Por último, seguem-se outras questões complementares para a construção do rótulo alimentar.

De uma maneira geral, todos os Manuais contêm os seguintes assuntos e as respectivas regras (por exemplo, onde se deve localizar na embalagem, como deve ser apresentado, etc.):

- Nome ou denominação do produto
- Declaração de quantidade
- Lista de ingredientes
- Declaração de quantidade
- Data de validade
- Alergénios
- Declaração nutricional
- Condições de conservação e/ou utilização
- País de origem
- Nome e endereço do operador
- Alegações nutricionais

No seguimento da elaboração dos Manuais, foram preparadas tabelas nutricionais em função das determinadas exigências dos mercados e realizadas tarefas de verificação de novas imagens de embalagem de alguns produtos da Novarroz relativamente ao cumprimento da legislação em vigor, referente a cada um dos mercados.

5.2. Caracterização de variedades de arroz

5.2.1. Características biométricas dos grãos de arroz

O tamanho e a aparência do grão de arroz são características físicas de grande importância na qualidade do grão. No que diz respeito ao consumidor, estes aspetos podem influenciar a sua aceitabilidade e/ou a sua preferência. Para as indústrias arroseiras, estas características devem estar de acordo com as classificações comerciais impostas pela legislação. Além disto, permitem também a distinção visual entre os diferentes tipos de arroz.

A avaliação destas características é feita continuamente, por forma a monitorizar e acompanhar a qualidade do grão de arroz e as possíveis variações de produtor para produtor, bem como de ano para ano. Assim, seguem-se os resultados obtidos quanto às características biométricas avaliadas nas amostras apresentadas no ponto 4.2.

Como já descrito anteriormente, o grão pode ser classificado comercialmente em várias categorias consoante o seu comprimento e a respetiva relação comprimento/largura. Os diferentes tipos de arroz existentes podem ser enquadrados nestas categorias, sendo o arroz Carolino considerado grão longo da categoria A, o arroz Agulha, Basmati e Jasmin considerados grãos longos da categoria B e os restantes, arroz Risotto, Médio e Redondo classificados como grãos mais pequenos.

Os resultados obtidos de comprimento, largura e respetiva relação comprimento/largura das amostras são apresentados na Figura 16.

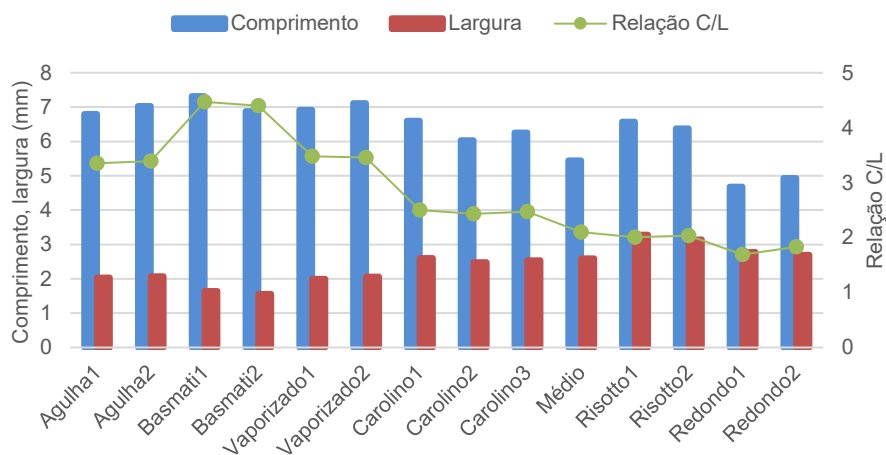


Figura 16: Dimensões dos grãos das amostras analisadas.

Pela observação do gráfico verifica-se o destaque das variedades do tipo Basmati pela grande diferença entre o comprimento e a largura que apresentam, o que, conseqüentemente, resulta numa grande relação C/L. Destaca-se a amostra Basmati1, que apresenta o maior valor de comprimento e

de relação C/L, com 7,32 mm e 4,47, respetivamente. Sendo uma variedade aromática, caracterizada pelos seus grãos longos e finos, estes resultados vão de encontro com o esperado.

As restantes variedades pertencentes à subespécie *indica* – Agulhas e Vaporizados – apresentam valores semelhantes, compreendidos entre 6,8 e 7,1 mm de comprimento e com relação C/L de aproximadamente 3,4.

Nas amostras da subespécie *japonica* – Carolinos, Médio, Risottos e Redondos – já se verificam menores valores de comprimento e maiores valores de largura, devido aos grãos tipicamente mais arredondados. As amostras de Carolino apresentam valores de comprimento levemente superiores a 6,0 mm e de largura à volta dos 2,5 mm, bem como, valores de relação C/L de aproximadamente 2,5. As variedades de Risotto apresentam ambas valores de comprimento superiores ao esperado, no entanto, os valores de relação C/L mantêm-se de acordo com a legislação. É nas amostras de Redondo que se encontram os valores de comprimento e de relação C/L mais baixos, sendo inferiores a 5,0 mm e a 2,0, respetivamente.

De um modo geral, a subespécie *indica* possui maior relação C/L devido à maior diferença entre os valores de comprimento e largura das variedades, verificando-se o contrário para a subespécie *japonica*.

Correlacionando as dimensões do grão entre si (comprimento e largura), obtém-se uma correlação negativa estatisticamente significativa, com um coeficiente de Pearson (r) de -0,5595, o que significa que quanto maior for o comprimento do grão de arroz, menor será a sua largura (Figura 17).

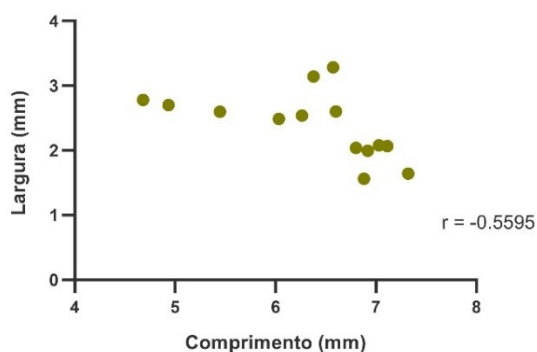


Figura 17: Correlação entre o comprimento e a largura para um $p < 0,05$.

Também se pode correlacionar a relação C/L com o comprimento e com a largura (Figura 18), obtendo-se correlações estatisticamente ainda mais fortes, com valores de r de 0,7909 e -0,9278, respetivamente. A correlação entre a relação C/L e o comprimento é estatisticamente positiva, ou seja, o aumento da relação C/L implica o aumento do comprimento e vice-versa. A correlação entre a relação C/L e a largura é estatisticamente negativa, o que dá origem a uma diminuição da largura caso a relação C/L aumente.

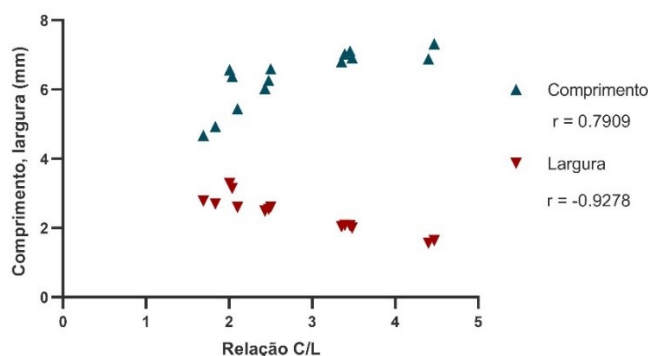


Figura 18: Correlação entre a relação C/L e o comprimento e a largura para um $p < 0,05$.

Os parâmetros de aparência do arroz podem ser relacionados entre si, sendo expectável que o aumento de um destes resulte no aumento dos outros. No entanto, o grau de branqueamento é também dependente da etapa de branqueamento e do rendimento industrial do arroz, o que pode ter influência nas relações entre estes parâmetros.

Normalmente, os grãos gessados são considerados defeituosos e indesejáveis para o consumidor, sendo, por norma, rejeitados no processo industrial de acordo com limites estabelecidos para cada mercado. Contudo, existem grãos com uma mancha branca no seu centro designados de barrigas brancas, que são desejados em certos tipos de arroz, por exemplo, o risotto.

Na Figura 19 apresenta-se a relação entre o grau de branqueamento (*kett*) e a % de gessados das amostras analisadas.

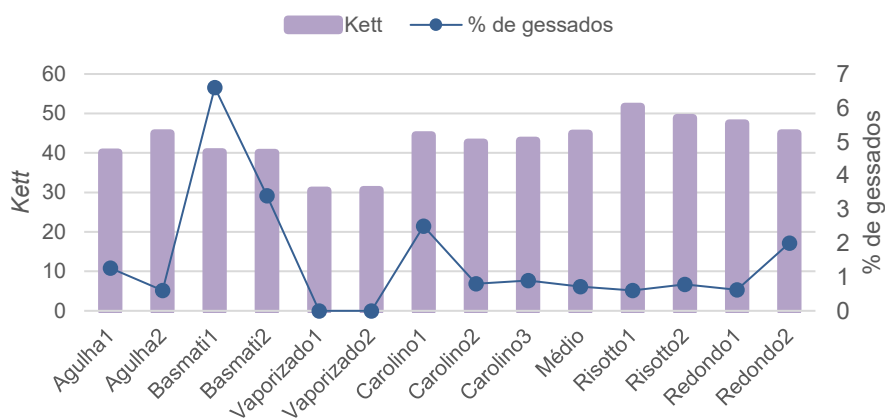


Figura 19: Grau de branqueamento e % de gessados das amostras analisadas.

Analisando a figura, verifica-se a superioridade dos valores de *kett* nas amostras pertencentes à subespécie *japonica* comparadas com as da subespécie *indica*. As variedades do tipo Médio, Risotto e Redondo têm tendência a apresentar uma maior percentagem de gessados, o que não se verifica nas amostras analisadas, apesar dos valores de *kett* corresponderem ao esperado.

As variedades do tipo Vaporizado apresentam os menores valores de *kett* e não apresentam grãos gessados, o que se justifica pelo tratamento hidrotérmico a que foram sujeitas. As alterações provocadas na coloração do grão fazem com que o grau de brancura seja tipicamente menor. Sabe-se ainda que a formação de grãos gessados se deve a desordens estruturais do amido, no entanto, uma vez que os grãos vaporizados possuem o seu amido gelatinizado e estruturalmente diferente, os grãos gessados acabam por não se revelar neste tipo de arroz, o que é um ponto favorável para o consumidor e para as indústrias arroseiras (Oli et al., 2014).

É perceptível, desde logo, que a percentagem de gessados da amostragem não segue o padrão esperado e não acompanha os valores de *kett*. A correlação entre estes dois parâmetros não é significativamente estatística ($p > 0,05$).

A Figura 20 demonstra a relação entre o grau de brancura (*kett*) e a medida de brilho (L^*) do grão.

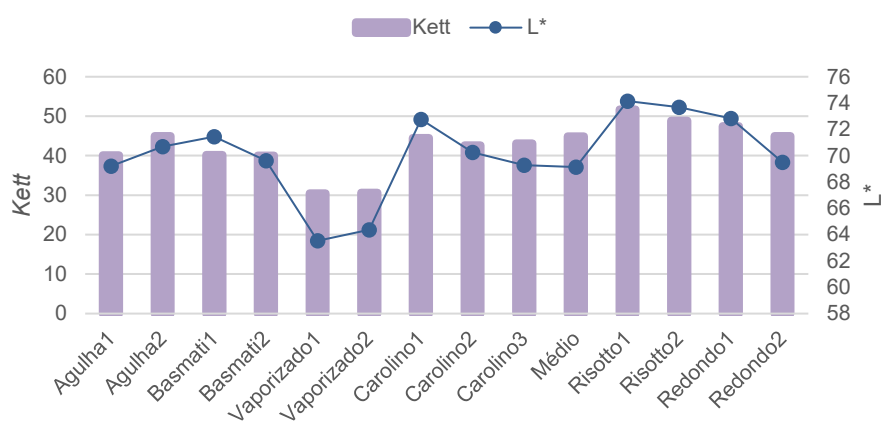


Figura 20: Grau de brancura e brilho do grão das amostras analisadas.

De um modo geral, é visível a forte ligação entre os valores dos dois parâmetros. O valor de L^* acompanha a variação do valor de *kett*, ou seja, o comportamento de aumento ou diminuição do valor de *kett* provoca o mesmo comportamento no valor de L^* . Esta relação deve-se ao facto da medida de brilho L^* variar numa escala de preto (0) a branco (100). As amostras apresentam valores de L^* entre os 69 e os 74, excluindo os Vaporizados com um valor de 64, mais baixo devido à sua tonalidade mais dourada. Assim, pode-se interpretar este intervalo de valores como o tom de brilho próprio do arroz.

Correlacionando estes dois parâmetros, confirma-se estatisticamente a significância da relação entre ambos. Com um r de 0,9170, esta correlação é considerada fortemente positiva (Figura 21).

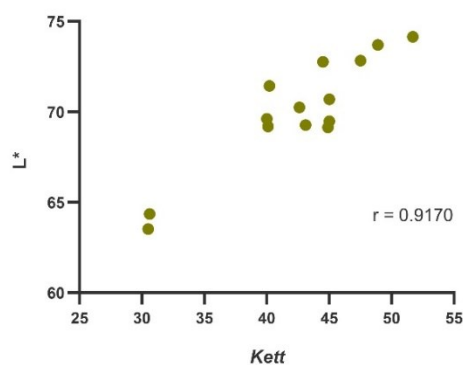


Figura 21: Correlação entre o grau de brancura e o brilho do grão para um $p < 0,05$.

5.2.2. Tempo de cozedura

O tempo de cozedura do arroz é um parâmetro fundamental para a sua confeção e performance no prato. O consumidor atual tende a procurar por um tipo de arroz que combine um menor tempo de cozedura com um produto final de boa qualidade.

Na Figura 22 podem observar-se os dados obtidos de acordo com o método descrito no ponto 4.2.2, no entanto, realça-se que o consumidor comumente normalmente considera o arroz cozido antes dos tempos apresentados, pois não nota ao pormenor os grãos que ainda não cozeram por completo. Os tempos de cozedura obtidos variam entre os 14 e os 24 minutos.

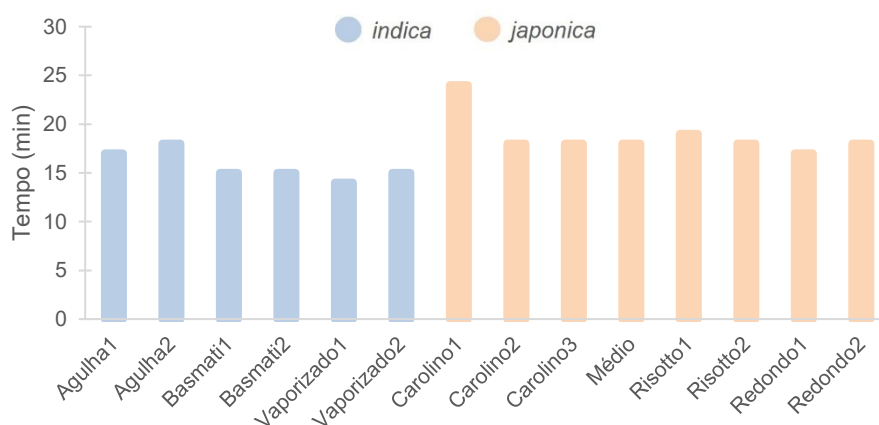


Figura 22: Tempos de cozedura das amostras analisadas.

Em média, as variedades da subespécie *indica* apresentam um menor tempo de cozedura do que as variedades *japonica*. O tempo de cozedura do arroz é habitualmente correlacionado com o teor de amilose. Sabendo que, de modo geral, a subespécie *japonica* possui um menor teor em amilose quando comparado à subespécie *indica*, verifica-se uma relação oposta entre estes dois parâmetros nas amostras estudadas, ou seja, as variedades que aparentemente têm um maior teor em amilose

cozem em menos tempo. Esta relação está de acordo com outros estudos realizados neste âmbito (Schwanz Goebel et al., 2019; Singh et al., 2005).

A amostra Carolino1 apresenta o maior tempo de cozedura e as amostras dos tipos Basmati e Vaporizado detêm dos tempos mais baixos. No caso do arroz Basmati, este tempo explica-se pelo seu grão comprido e fino, que facilita a rápida absorção de água. O arroz Vaporizado apresenta uma cozedura mais fácil devido ao tratamento de gelatinização do amido, em que os seus grãos foram expostos a uma imersão de água a altas temperaturas e pressão, tendo assim um impacto redutor tanto no tempo de cozedura como na perda de sólidos durante a cozedura (Siriamornpun et al., 2008).

A relação C/L é uma das principais variáveis na interpretação das diferenças do tempo de cozedura entre as duas subespécies. Na Figura 23 encontra-se a correlação entre o tempo de cozedura e a relação C/L das amostras analisadas.

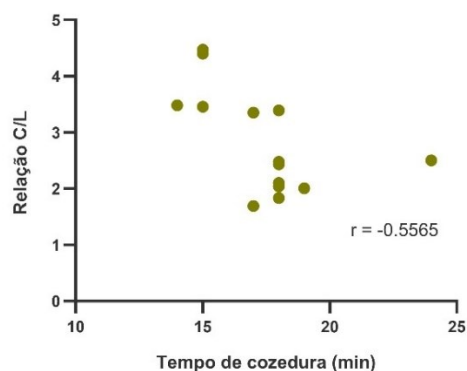


Figura 23: Correlação entre o tempo de cozedura e a relação C/L para um $p < 0,05$.

Pode-se verificar uma correlação negativa estatisticamente significativa entre os dois parâmetros, com um r de $-0,5565$. Assim, as variedades com relação C/L superior, caracterizadas pelos seus grãos compridos e estreitos, pertencentes à subespécie *indica*, necessitam de menor tempo para cozinhar, pois têm uma maior superfície de contacto com a água.

As moléculas de amilose são conhecidas por dificultar o inchaço dos grãos de amido, pois através da sua capacidade de formação de complexos com lípidos e proteínas impedem a penetração das moléculas de água nos grãos de amido e a consequente ligação das mesmas (Bhat & Riar, 2017; Zhou et al., 2002b). Teoricamente, este acontecimento poderia provocar um aumento do tempo de cozedura do arroz, no entanto, não é suficiente considerar apenas o fator amilose (Tao et al., 2019). A relação C/L acaba por ser mais determinante na prática, sendo que a grande superfície exposta à água, típica das variedades *indica*, verifica-se ser um fator superior ao elevado teor de amilose. O raciocínio contrário também pode ser aplicado com as variedades *japonica*.

O tempo de cozedura não varia apenas entre subespécies, mas também dentro dos mesmos tipos de arroz devido aos fatores ambientais e genéticos de cada uma das variedades. Estes fatores são

maioritariamente responsáveis pelas variações ao nível da composição química e da qualidade de cozedura dos grãos de arroz (Singh et al., 2005), o que, por sua vez, tem impacto no tempo de cozedura.

5.2.3. Propriedades de viscosidade do arroz

As propriedades reológicas são determinantes na avaliação da qualidade de cozedura e de consumo do arroz. Através da análise da viscosidade no RVA é possível simular o processo de cozedura do arroz e conhecer as várias etapas a que o grão é sujeito durante e após este processo. Estas etapas dão-se sobretudo ao nível da estrutura molecular do amido, dado que é o principal constituinte do grão de arroz (Tao et al., 2019). Da análise no RVA resulta um perfil de viscosidade com os seguintes dados: pico de viscosidade, vala de viscosidade, *breakdown*, viscosidade final, *setback*, tempo do pico e *pasting temperature*, que são fundamentais para a interpretação da amostra em questão. O conhecimento destes parâmetros por parte das indústrias de transformação de arroz revela-se um importante indicador da qualidade de processamento do arroz e dos seus constituintes, podendo ser uma ajuda na otimização das transformações industriais a que o arroz é sujeito (Dang & Copeland, 2004), bem como, na maior aproximação da indústria ao consumidor final.

Desta forma, serão explorados cada um dos parâmetros para cada uma das variedades estudadas. Os resultados obtidos apresentam-se em gráficos de barras com o respetivo desvio-padrão e letras indicativas das diferenças significativas, resultantes da análise estatística ANOVA seguida do teste de Tukey, com um intervalo de confiança de 95%. As amostras com letras iguais não apresentam diferenças estatisticamente significativas. Pode ainda ser consultada, no Apêndice B, a Tabela 11, que apresenta o conjunto de dados obtidos das análises no RVA.

Na Figura 24 estão representados os valores referentes ao de pico de viscosidade das amostras analisadas. Este parâmetro indica a capacidade de ligação do amido às moléculas de água.

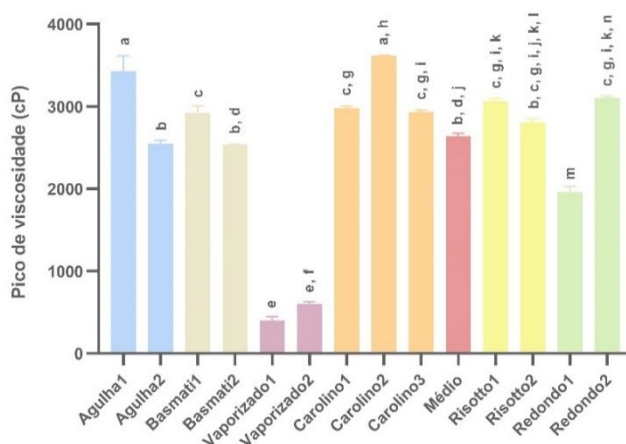


Figura 24: Valores de pico de viscosidade (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

Observando o gráfico, destacam-se as duas variedades de arroz Vaporizado, pelos seus valores significativamente diferentes ($p < 0,05$) e inferiores aos restantes. O tratamento de vaporização gelatiniza o amido, alterando a sua estrutura e, conseqüentemente, o seu normal comportamento no processo de cozedura, o que pode ser verificado pelo diferente perfil de viscosidade deste arroz. O baixo valor do pico de viscosidade justifica-se pela menor capacidade de absorção de água e de inchaço dos grãos vaporizados (Liu et al., 2020; Mir et al., 2013).

A amostra com o maior valor é a Carolino 2, pertencente à subespécie *japonica*, seguida da Agulha 1, variedade da subespécie *indica*. Segundo a bibliografia, as variedades com menor teor em amilose e maior teor em amilopectina, tipicamente pertencentes à subespécie *japonica*, tendem a apresentar maiores valores do pico da viscosidade devido à facilidade com que ocorre o inchaço dos seus grãos (Derycke et al., 2005; Tao et al., 2019). Assim, seria de esperar que as variedades da subespécie *indica* – Agulhas e Basmati – apresentassem valores inferiores aos das variedades *japonica*, contudo, nas amostras analisadas pode-se verificar que este comportamento entre subespécies não é assim tão linear, ainda que as variedades *indica* estejam em inferioridade na amostragem. Mais uma vez, o fator amilose não pode ser o único a considerar na influência do comportamento do amido do arroz na presença de água e altas temperaturas.

As semelhanças estatísticas entre subespécies que se verificam nos resultados obtidos podem ser justificadas com base na influência de outros fatores no comportamento do arroz. Além do conteúdo de amilose, o conteúdo em lípidos e proteínas, assim como a formação de complexos entre o amido e estes constituintes também contribuem substancialmente para a interferência na reação de gelatinização do amido, restringindo a entrada de água nos grãos de amido e retardando o seu poder de inchaço (Balindong et al., 2018; Derycke et al., 2005; Lin et al., 2011; Yu et al., 2012). Derycke et al. (2005) estudaram o impacto das proteínas nas propriedades de cozedura do arroz e verificaram a existência de um género de uma barreira constituída por proteínas, nativamente presente ou formada durante a cozedura do arroz, que inibe a intumescência dos grãos. Zhang et al. (2003) descreveram ainda a existência de um complexo formado por três componentes – amido, proteínas e ácidos gordos livres – responsável por reduzir a solubilidade do amido. O comprimento das cadeias da molécula amilopectina é outro fator com influência no pico de viscosidade, assim como nos restantes parâmetros de viscosidade do arroz. Cadeias curtas promovem o inchaço dos grãos, resultando em picos de viscosidade maiores, enquanto em moléculas com cadeias longas se verifica o contrário (Park et al., 2013). Assim, os valores idênticos entre as amostras Agulha1 e Carolino2 podem significar um menor teor de proteínas, lípidos e/ou a existência de cadeias curtas de amilopectina no arroz Agulha1. Contrariamente, um maior teor de proteínas, lípidos e/ou cadeias longas de amilopectina podem ser a razão dos valores mais baixos de pico de viscosidade das amostras Médio e Risotto2, subespécie *japonica*, estatisticamente iguais ($p > 0,05$) à amostra Basmati2, subespécie *indica*.

No Decreto-Lei n.º 157/2017 de 28 de dezembro encontram-se definidos valores do pico de

viscosidade para os tipos de arroz Carolino e Agulha. Para classificar um arroz como Carolino, o valor do pico da viscosidade deve ser superior a 2600 cP e, no caso do Agulha, inferior a 2500 cP (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017). Assim, verifica-se que apenas as três amostras de arroz Carolino cumprem com os requisitos, enquanto ambas as amostras de Agulha estão acima do valor, sendo que a amostra Agulha1 apresenta um maior desvio relativamente ao valor decretado.

Em seguida, na Figura 25 apresentam-se os valores relativos à *pasting temperature*, temperatura necessária para iniciar o aumento de viscosidade da amostra e à qual se dá a reação de gelatinização do amido.

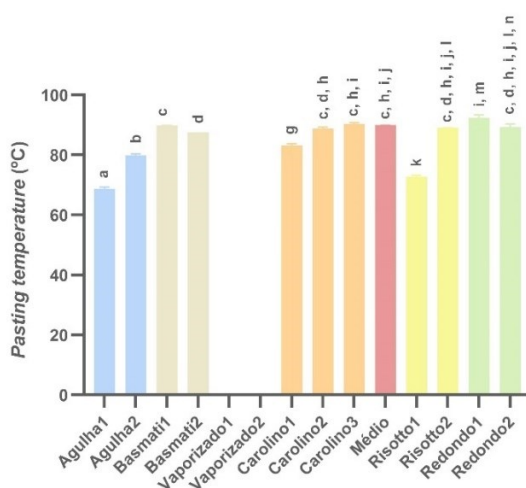


Figura 25: Valores de *pasting temperature* (°C) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

Os valores de *pasting temperature* das amostras estão compreendidos entre 67 e 92 °C, sendo o valor mais baixo correspondente à amostra Agulha1 e o mais alto à amostra Redondo1. As amostras de arroz Vaporizado não possuem valores deste parâmetro devido à fraca gelatinização que ocorre durante sua análise e ao aumento de viscosidade quase ou nada marcado no seu perfil de viscosidade, que, por sua vez, fazem com que a *pasting temperature* não seja determinada (Frohber & la Cognata, 2010). Contudo, existem estudos neste âmbito que apresentam valores de temperatura mais baixos, assim como valores mais altos, quando comparados a variedades não vaporizadas (Himmelsbach et al., 2008; Liu et al., 2020; Pal et al., 2018; Siriamornpun et al., 2008). Estas variações verificam-se tanto no valor de *pasting temperature* como nos restantes parâmetros de viscosidade e dependem do grau de vaporização que o arroz sofreu, sendo que, condições de tempo e temperatura mais leves parecem resultar em melhorias nas propriedades de viscosidade, enquanto condições mais severas provocam diminuições nas mesmas (Liu et al., 2020).

Verifica-se que a maioria das amostras não apresentam diferenças significativas entre si ($p > 0,05$), com exceção daquelas que estão mais próximas dos dois extremos do intervalo de temperaturas, que acabam por não ter um grande impacto, tendo em conta a curta extensão do intervalo de valores.

Este parâmetro pode ser relacionado com o pico de viscosidade, pois, como referido anteriormente, é previsto que as variedades com maior facilidade no inchaço dos grãos, ou seja, maior facilidade no processo de gelatinização do amido apresentem um valor de pico de viscosidade maior e, assim, necessitem de uma menor *pasting temperature*. No entanto, não se verificando esta linearidade nas amostras relativamente ao pico de viscosidade, também não se verificou esta relação entre os parâmetros. A partir da correlação entre os dois parâmetros, obteve-se uma correlação positiva estatisticamente significativa ($r=0,8477$), isto é, perante um valor elevado do pico de viscosidade verifica-se também um valor elevado da *pasting temperature*. A justificação para estes resultados pode estar no comprimento das cadeias de amilopectina das amostras, sendo que a presença de cadeias curtas resulta em menores valores de *pasting temperature* e vice-versa (Tao et al., 2019; Zhou et al., 2002b).

O tempo do pico é outro dos parâmetros que fazem parte do perfil de viscosidade de uma amostra e representa, em minutos ou segundos, o intervalo de tempo até ser atingida a viscosidade máxima (pico de viscosidade). A Figura 26 apresenta os tempos obtidos para as amostras analisadas.

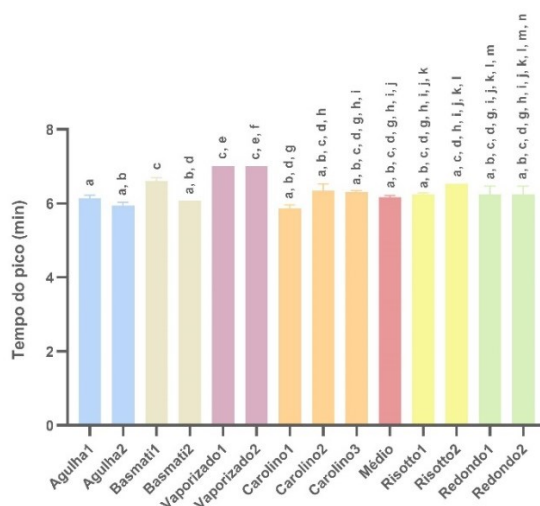


Figura 26: Valores de tempo do pico (min) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p<0,05$.

As amostras apresentam valores de tempo do pico entre 6 e 7 minutos, não se verificando, no geral, diferenças estatisticamente significativas entre si. As amostras de Vaporizado detêm do valor mais alto da amostragem (7 min) derivado do aumento de viscosidade difícil e pouco perceptível, comum neste tipo de arroz (Rao & Juliano, 1970).

Os resultados observados encontram-se de acordo com as experiências de Kong et al. (2015), concluindo-se, portanto, que este é o normal comportamento do arroz.

Uma vez atingido o pico de viscosidade, os grãos de amido encontram-se no seu estado máximo de hidratação e, logo de seguida, sofrem uma desintegração, que resulta numa quebra de viscosidade da solução. A análise do RVA evidencia este fenómeno através da diminuição de viscosidade

verificada após o pico e que alcança um valor mínimo, representado pelo parâmetro de vala de viscosidade (Figura 27).

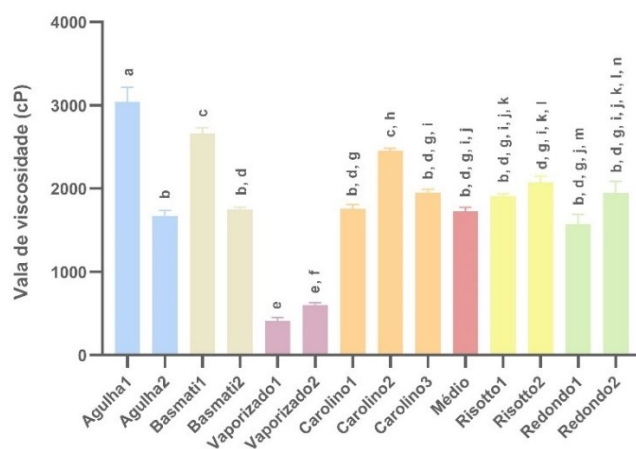


Figura 27: Valores de vala de viscosidade (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

A quebra de viscosidade da solução está associada à viscosidade máxima atingida anteriormente, ou seja, quanto mais acentuado for o pico de viscosidade, mais acentuada será também a vala de viscosidade. A correlação entre estes dois parâmetros (Figura 30) é estatisticamente significativa e positiva, com um valor de r de 0,9079, que comprova o comportamento descrito.

Através dos valores obtidos de vala da viscosidade pode observar-se um gráfico semelhante ao do pico, mas com valores mais reduzidos, no entanto, não faz sentido analisá-los isoladamente, dado que este parâmetro não representa um conceito que permita interpretar diretamente as várias amostras. Desta forma, torna-se necessário introduzir o parâmetro *breakdown* nesta discussão. O *breakdown* corresponde à diferença entre o pico e a vala de viscosidade e expressa a desintegração dos grãos de amido. Os valores referentes a este parâmetro estão na Figura 28.

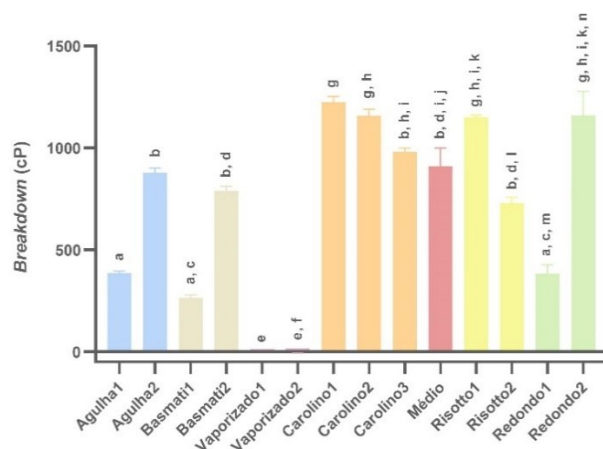


Figura 28: Valores de *breakdown* (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

$p < 0,05$.

As amostras Carolino1, Carolino2 e Redondo2 apresentam os valores mais elevados de *breakdown*, devido à grande diferença verificada entre os respectivos valores de pico e vale de viscosidade. Valores elevados de *breakdown* provêm de valores elevados de pico de viscosidade (correlação positiva estatisticamente significativa; $r=0,7404$), mas não necessariamente de valores reduzidos de vale de viscosidade. O fator importante a ter em conta é a diferença que os dois parâmetros mostram entre si, ou seja, como referido anteriormente, amostras com picos de viscosidade acentuados terão valas de viscosidade acentuadas, que resultam num *breakdown* de maior extensão e vice-versa.

Os valores de *breakdown* mais baixos pertencem às amostras Basmati1 e Redondo1, que detêm de valores baixos a moderados tanto de pico como de vale de viscosidade, esperando-se, portanto, perfis de viscosidade menos acentuados.

Novamente, as variedades de Vaporizado são um caso de comportamento diferente, apresentando um valor de *breakdown* negativo, conseqüente de um pico de viscosidade pouco explícito e uma vale de viscosidade que acaba por ser levemente superior. Este acontecimento dá-se devido à gelatinização incompleta e à não absorção de água por parte dos grãos de amido durante a análise (Mir et al., 2013).

Este parâmetro é ainda indicativo da estabilidade e resistência da pasta de amido, o que, por sua vez, está relacionado com o grau de desintegração dos grãos de amido (Han & Hamaker, 2001; Kong et al., 2015). Quanto mais intensa for a hidratação e o inchaço dos grãos de amido, maior será também a sua desintegração, logo maior desordem haverá na pasta de amido, resultante da maior fragilidade dos grãos gelatinizados. O comprimento das cadeias de amilopectina desempenha um papel importante, sendo que as cadeias mais compridas têm menor tendência a dispersar por providenciarem interações fortes que mantêm os grãos de amido mais estáveis (Han & Hamaker, 2001). Verifica-se que as variedades da subespécie *japonica* não têm um comportamento tão resistente quanto as da subespécie *indica*, o que se reflete depois na cozedura do arroz.

A viscosidade final é o parâmetro indicativo da capacidade de determinada amostra para formar uma pasta ou gel viscoso após o ciclo de aquecimento e arrefecimento. É comumente usado para definir a qualidade da amostra em questão. Na Figura 29 são apresentados os resultados obtidos para este parâmetro.

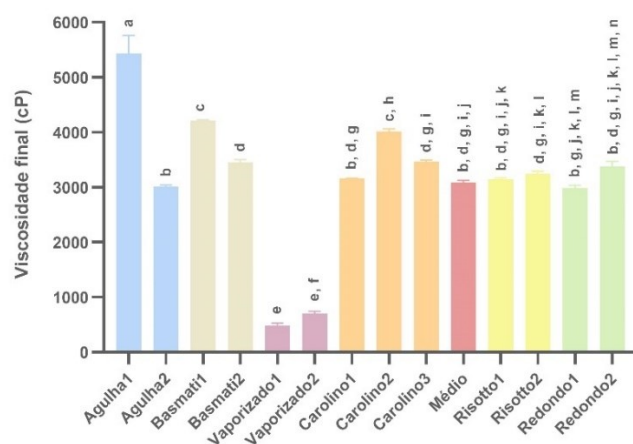


Figura 29: Valores de viscosidade final (cP) das amostras analisadas e respectiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

O valor da viscosidade final é normalmente o maior de entre todos os parâmetros do perfil de viscosidade de uma amostra, excetuando certas variedades de arroz que não se encontram presentes nas amostras caracterizadas. Este aumento de viscosidade decorre da reassociação da amilose com a amilopectina, porém é essencialmente provocado pela rápida reorganização das moléculas de amilose que ocorre na fase inicial da reação de retrogradação do amido (Kong et al., 2015; Zhou et al., 2002b). Sendo a amilose a principal presente nesta fase, a sua influência no nível de viscosidade do gel formado é grande (Balindong et al., 2018; Zhou et al., 2002b). Assim, as variedades com maiores teores em amilose terão tendência para atingir valores maiores de viscosidade final e para formar um gel mais rígido, pelo contrário as variedades com menores teores em amilose terão menores valores de viscosidade final e apresentarão um gel mais macio.

As amostras Agulha1 e Basmati1 possuem os valores maiores de viscosidade final de entre todas as amostras, apresentando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para com as restantes, o que vai de encontro à bibliografia, visto serem ambas variedades pertencentes à subespécie *indica*, que apresenta maiores teores de amilose. Contudo, é possível observar que este padrão não se repete para as demais amostras. As amostras Agulha2 e Basmati2 apresentam valores mais baixos e idênticos aos das amostras da subespécie *japonica*, o que pode estar relacionado com o comportamento muito semelhante entre a viscosidade final e os parâmetros de pico de viscosidade e vala de viscosidade, verificando-se pelas fortes correlações positivas estatisticamente significativas com valores de r de 0,9123 e 0,9795, respetivamente (Figura 30).

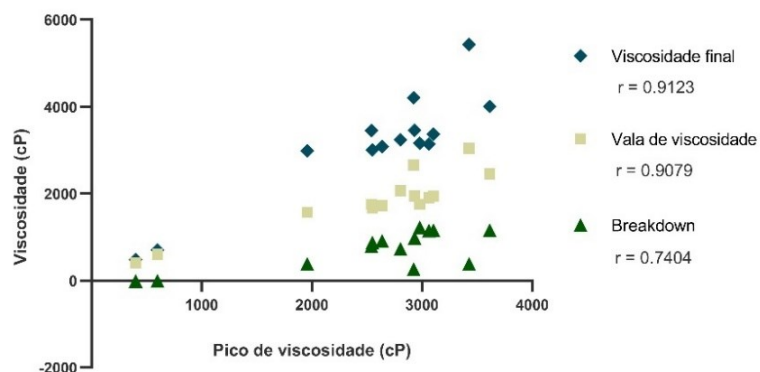


Figura 30: Correlação entre o pico de viscosidade e a vala, a viscosidade final e o breakdown para um $p < 0,05$.

Os valores reduzidos das amostras de Vaporizado justificam-se pelo facto de não ocorrer a formação de uma pasta após o ciclo de aquecimento e arrefecimento da análise, o que é normal deste tipo de arroz, como já explicado anteriormente.

A presença de proteínas também pode ser um fator de afetação nos valores de viscosidade final, sobretudo na subespécie *indica*, em que os maiores teores de amilose sofrem pela integridade dos corpos proteicos mantida pelas proteínas estruturais existentes na solução (Balindong et al., 2018).

Por fim, o *setback* é o parâmetro que diz respeito à retrogradação do amido, portanto, à reestruturação dos grãos de amido na fase de arrefecimento e é um indicio da textura final do arroz cozido, sendo habitualmente referido como um parâmetro importante para a qualidade do arroz. Os resultados obtidos para este parâmetro encontram-se na Figura 31.

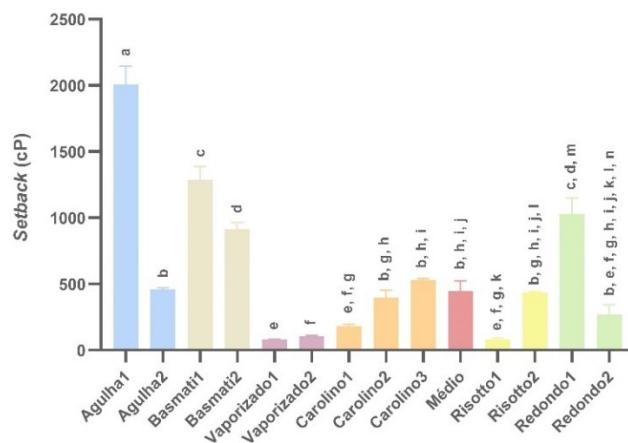


Figura 31: Valores de setback (cP) das amostras analisadas e respetiva análise ANOVA e teste de Tukey para $p < 0,05$.

As amostras da subespécie *indica* destacam-se com valores de *setback* maioritariamente superiores aos restantes, o que é esperado, pois o rápido rearranjo das moléculas de amilose ocorre de forma mais acentuada nestas variedades pelos seus típicos teores elevados desta molécula.

Salientam-se as amostras Carolino1 e Risotto1 pelos valores reduzidos de *setback* e valores altos de *breakdown*, visto que, segundo Kong et al. (2015) este comportamento espelha um arroz de elevada qualidade de cozedura, mantendo-se cremoso quando cozido, com uma textura semelhante à da pasta de amido devido à leve retrogradação sofrida e não se tornando rígido ao arrefecer.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 157/2017 de 28 de dezembro, que define valores de *setback* ou retrogradação para os tipos de arroz Carolino e Agulha, devendo estes ser menor que 600 cP e maior que 750 cP, respetivamente (Decreto-Lei n.º 157/2017, 2017), apenas a amostra Agulha2 se encontra fora do descrito.

Após a discussão individual de cada parâmetro obtido na análise de RVA, é possível compreender como será o comportamento de cada uma das variedades durante a sua cozedura, bem como, a textura final que será obtida. Por exemplo, os valores de pico de viscosidade e *breakdown* da amostra Basmati1 indicam que este arroz vai absorver uma quantidade moderada de água e terá uma fraca a moderada desintegração dos grãos de amido. Pelos seus valores de viscosidade final e *setback* é perceptível que haverá uma rápida reorganização das moléculas, resultando num arroz com pouca água no seu interior, de grão solto e seco. Já a amostra Médio, apesar de absorver também uma quantidade moderada de água, apresenta uma grande desintegração e uma fraca reorganização, o que resultará num arroz viscoso e com alguma goma.

Salienta-se ainda que os diferentes comportamentos verificados entre variedades da mesma subespécie provêm essencialmente das diferenças entre os locais de cultivo, o tipo de solos, o clima das regiões, etc. Estas variações justificam a elevada importância da realização desta análise a um conjunto amplo de variedades, para que a empresa possa expandir a sua base de dados e aumentar, cada vez mais, o conhecimento das inúmeras variedades de arroz existentes.

5.3. Avaliação da influência do tempo de prateleira nas propriedades reológicas do arroz

Os estudos das propriedades de viscosidade do arroz ao longo do seu tempo de prateleira são de extrema importância para a empresa, pois são uma forma de acompanhar o estado do produto e prever se o seu comportamento quando cozido e consumido sofre alterações ao longo do tempo de vida útil do mesmo. Dispor deste conhecimento também se torna benéfico a outros níveis, como no ajuste das condições de armazenamento de acordo com a variedade, na relação com os clientes ou na descoberta de novas soluções para o mercado.

Posto isto, as amostras apresentadas no ponto 4.3 foram sujeitas a análise no RVA, de onde se obteve um perfil de viscosidade para cada uma delas. Através dos perfis obtidos, foram elaborados gráficos com as curvas de viscosidade do tempo de prateleira de 0 meses, considerado controlo, em comparação com cada um dos restantes tempos analisados, com o objetivo de ter uma perceção

visual das diferenças ao longo dos vários meses e, ainda, entre os diferentes modos de armazenamento das amostras. Os gráficos mencionados podem ser consultados nos Apêndices E, F, G, H e I.

Para a discussão dos resultados apresentam-se apenas as amostras do arroz armazenado em branco, pois os restantes modos de armazenamento (casca ou película) mostram diferenças menores ou praticamente nulas e possivelmente não significativas relativamente à respetiva amostra de controlo, o que está de acordo com a bibliografia referida no ponto 3.4, de que a casca ou película oferecem uma proteção extra ao grão. O arroz armazenado em branco e submetido ao leve polimento de 10 segundos também não revelou resultados consideráveis.

Desta forma, os resultados obtidos apresentam-se em gráficos com curvas de viscosidade em função da temperatura e do tempo. Os diferentes parâmetros de viscosidade resultantes do perfil da amostra foram sujeitos a análise estatística ANOVA seguida do teste de Dunnett, que realiza múltiplas comparações com uma amostra de controlo, com um intervalo de confiança de 95%. A Tabela 13 do Apêndice D apresenta o conjunto de valores analisados sob a forma de média \pm desvio padrão e as respetivas diferenças estatisticamente significativas. Excetuam-se os parâmetros *pasting temperature* e tempo do pico desta análise, visto que estes não têm um significado dependente da variedade em questão. Assim, a análise destes foi feita através da verificação de diferenças significativas entre a média dos valores de controlo de todas as amostras (0 meses) e a média dos valores de cada um dos restantes tempos de prateleira. A razão desta opção deve-se à observação de um aumento da *pasting temperature* e uma diminuição do tempo do pico ao longo do tempo de prateleira comuns a todas as amostras, pelo que se decidiu analisar estatisticamente, contudo, ambos os parâmetros resultaram em diferenças não significativas ($p > 0,05$).

A Figura 32 representa as curvas de viscosidade da amostra Basmati1 obtidas ao longo de 24 meses.

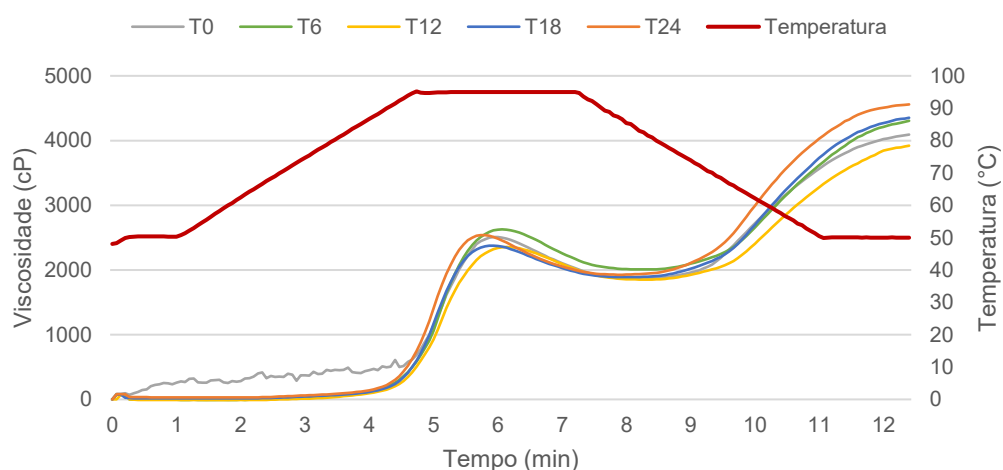


Figura 32: Perfil de viscosidade da amostra Basmati1 ao longo de 24 meses.

Nota-se que o aumento de viscosidade inicial da amostra de controlo (T0) desta variedade não ocorre de forma normal, pelo que deveria ser repetida, no entanto, trata-se de uma amostra realizada anteriormente a este trabalho. Ainda assim, este facto não afeta os resultados obtidos.

No geral, esta amostra não apresenta grandes diferenças no seu comportamento ao longo do tempo. Estatisticamente, o parâmetro *breakdown* apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) para com a amostra controlo nos 12 e 18 meses, no entanto estas diferenças apenas acontecem devido às diferenças do controlo com os 6 e 24 meses serem bastante menores. Na análise do RVA é aceitável uma diferença entre ensaios quando está entre 100 e 150 cP, o que é o caso das médias entre o controlo e os 12 meses e o controlo e os 18 meses. Sendo assim, considerou-se que as diferenças verificadas no *breakdown* não afetaram o comportamento do arroz. Já no parâmetro da viscosidade final, a amostra de 24 meses apresenta um valor significativamente mais alto ($p < 0,01$) que a amostra controlo e as restantes amostras, o que pode resultar na formação de um gel de amido mais rígido. Os valores de *setback* dos 18 e 24 meses apresentam diferenças estatisticamente ainda mais significativas ($p < 0,001$) para com a amostra de controlo, o que vai de encontro ao verificado na viscosidade final. Ambos os parâmetros viscosidade final e *setback* estão relacionados com a retrogradação do amido, que, como referido no ponto 3.3.1 deste relatório, é da responsabilidade da amilopectina a longo prazo, interferindo no desenvolvimento da estrutura do gel de amido e provocando mudanças reológicas no arroz sujeito a maior período de armazenamento (Bao, 2018; Wang et al., 2015). As amostras T18 e T24 da variedade Basmati1, com as alterações verificadas, darão origem a um arroz com uma textura mais dura, resultante da maior retrogradação do amido, o que é vantajoso neste tipo de arroz em que se procura um arroz seco, solto e com um grão firme.

Na Figura 33 encontram-se as curvas de viscosidade obtidas ao longo de 18 meses para a amostra Basmati2.

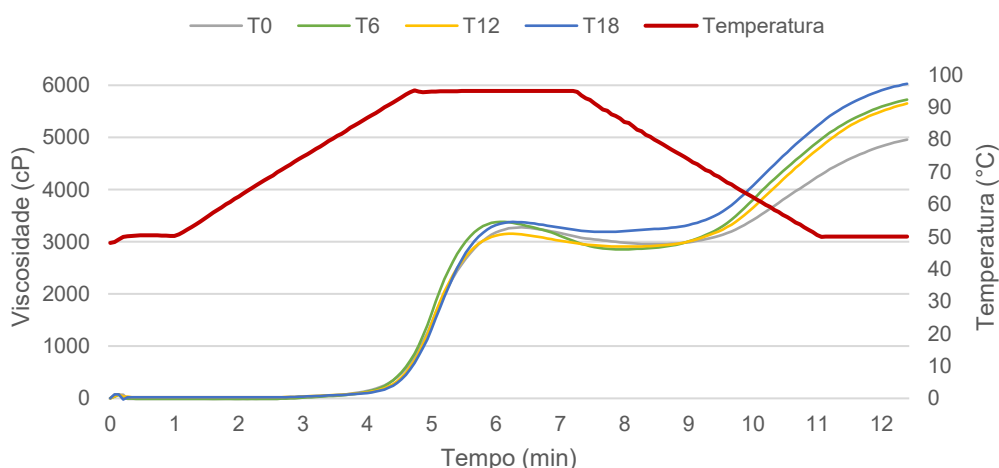


Figura 33: Perfil de viscosidade da amostra Basmati2 ao longo de 18 meses.

À semelhança da variedade anterior, o comportamento da amostra Basmati2 também se mantém

sem grandes alterações ao longo do tempo. Contudo, destacam-se novamente os parâmetros viscosidade final e *setback* com as diferenças estatisticamente mais significativas nos 12 e 18 meses, que resultam num arroz mais seco e com uma textura mais dura. Esta variedade apresenta ainda ligeiras alterações no tempo de prateleira de 6 meses, nomeadamente no *breakdown*, na viscosidade final e no *setback*, sendo que no *breakdown* as diferenças não se voltam a verificar nos meses a seguir.

Os resultados observados em ambas as variedades de Basmati são positivos para este tipo de arroz, obtendo-se melhorias no seu comportamento e na sua qualidade ao longo do tempo, essencialmente na textura do arroz quando cozido. A amostra Basmati1 parece apresentar um envelhecimento mais tardio do que a amostra Basmati2.

O comportamento ao longo de 24 meses da amostra Jasmin1 é representado na Figura 34.

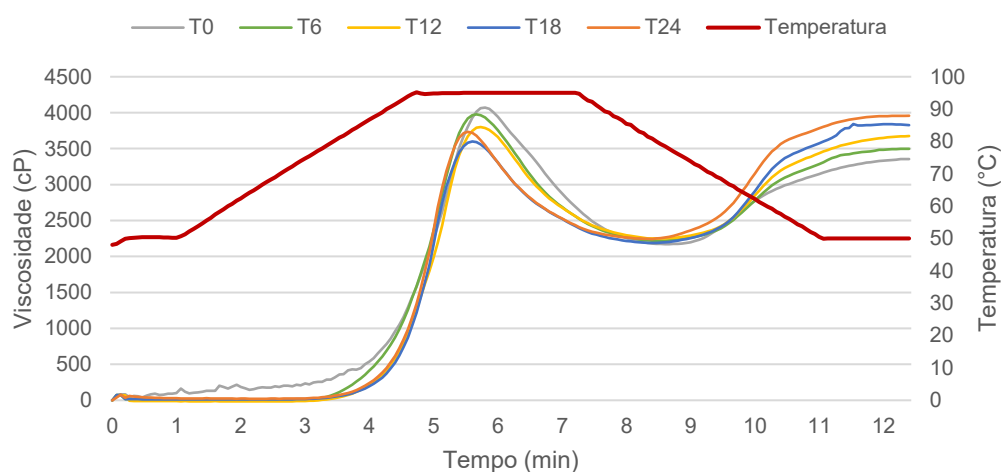


Figura 34: Perfil de viscosidade da amostra Jasmin1 ao longo de 24 meses.

Uma vez que nenhuma amostra do tipo de arroz Jasmin foi sujeita a caracterização, ressalva-se que os valores elevados de pico de viscosidade e de *breakdown* são característicos deste tipo de arroz, assim como, os valores negativos ou bastante reduzidos de *setback*, decorrentes do baixo conteúdo de amilose (Kong et al., 2015; Suwansri & Meullenet, 2004).

Desde logo, é perceptível pela observação das curvas de viscosidade, que se verifica um decréscimo no valor de pico de viscosidade e um aumento no valor de viscosidade final ao longo dos 24 meses. Estas variações terão obviamente impacto no valor de *setback*, pois este representa a diferença entre a viscosidade final e o pico de viscosidade.

Através da análise estatística confirmam-se as diferenças verificadas e apura-se a sua significância. O pico de viscosidade apresenta diferenças estatisticamente significativas para com a amostra de controlo a partir dos 12 meses ($p < 0,05$), sendo que nos restantes dois tempos de prateleira analisados estas diferenças acentuam-se ($p < 0,01$). Uma vez que o parâmetro *breakdown*

representa a diferença entre o pico e a vala de viscosidade e esta última mantém valores constantes ao longo do tempo, verificam-se também alterações neste parâmetro, com o mesmo padrão estatístico verificado no pico de viscosidade. Como consequência, o arroz Jasmin1 vai perdendo a sua capacidade de absorção de água e o inchaço dos seus grãos de amido vai sendo cada vez menor, o que resulta também numa menor desintegração dos grãos de amido, ainda que os valores de *breakdown* se mantenham altos quando comparado a outras variedades, como habitual num arroz Jasmin.

Os parâmetros viscosidade final e *setback* apresentam diferenças estatisticamente significativas relativamente aos respetivos valores da amostra de controlo a partir dos 12 meses ($p < 0,01$) e, novamente, mais acentuadas nos 18 e 24 meses ($p < 0,001$). Os valores negativos de *setback* são característicos deste tipo de arroz, dado que os valores de viscosidade final não superam os valores de pico de viscosidade. Como o arroz Jasmin possui um baixo teor de amilose e esta molécula é a principal responsável pela retrogradação inicial dos grãos de amido, este sofre uma baixíssima retrogradação. Contudo, verifica-se que com o passar do tempo os valores de *setback* aumentam até se tornarem positivos, o que está relacionado com a retrogradação tardia da amilopectina e as alterações estruturais provocadas por esta molécula nos grãos de amido durante o tempo de prateleira (Kong et al., 2015; Yu et al., 2009). Assim, o arroz Jasmin1 vai perdendo a sua textura macia e a sua ligeira viscosidade ao longo do tempo.

Esta variedade Jasmin1 é considerada de 1ª qualidade (*premium*), porém, com o decorrer do tempo de prateleira, apresenta uma tendência de aproximação a uma variedade Jasmin de 2ª qualidade, o que permite concluir que o envelhecimento não é benéfico e, pelo contrário, resulta numa perda de qualidade do arroz.

A amostra seguinte, Jasmin2, apresenta-se na Figura 35 com as curvas de viscosidade obtidas ao longo de 18 meses de armazenamento.

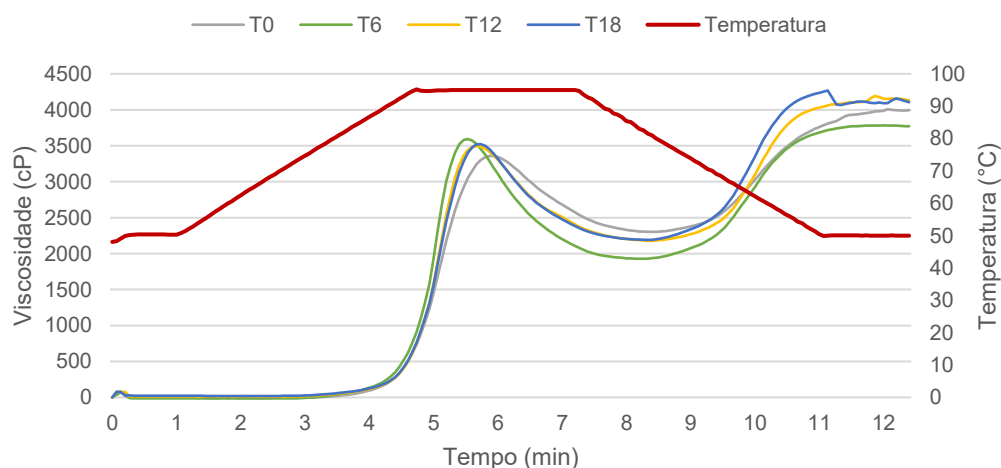


Figura 35: Perfil de viscosidade da amostra Jasmin2 ao longo de 18 meses.

O arroz Jasmin2 analisado no tempo de prateleira de 6 meses destaca-se de entre os restantes no gráfico apresentado, sobretudo pelos parâmetros pico e vala de viscosidade mais acentuados.

Verifica-se um aumento do pico de viscosidade em todos os tempos de prateleira analisados em comparação com a amostra de controlo (T0), no entanto, apenas o T6 apresenta diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). O mesmo acontece com a vala de viscosidade, que diminui em todos os tempos, sendo a diferença significativa apenas no T6 ($p < 0,01$). Dado que estes parâmetros estão habitualmente relacionados, faz sentido que quanto mais acentuado for o pico de viscosidade, mais acentuada seja a vala de viscosidade, como verificado anteriormente neste trabalho. Como esperado, o *breakdown* apresenta também diferenças estatisticamente significativas em relação à amostra T0, sendo estas mais relevantes no T6 ($p < 0,001$) do que no T12 e T18 ($p < 0,01$). O *setback* do T6 é também estatisticamente diferente ($p < 0,05$) do T0.

Conclui-se que esta amostra sofre um envelhecimento a curto prazo, que acaba por estagnar e não se mostrar significativa pelo menos até aos 18 meses de armazenamento. É ainda evidente o comportamento distinto ao da amostra Jasmin1, pertencente ao mesmo tipo de arroz, que pode ter alguma ligação ao facto de serem variedades de diferentes qualidades, sendo a amostra Jasmin2 de 2ª qualidade. Os resultados obtidos podem indicar uma melhoria de qualidade do arroz Jasmin2 a curto prazo, não suficiente para a proximidade a uma variedade de 1ª qualidade, contudo, seriam necessárias mais análises para confirmar esta hipótese.

De seguida, são discutidos os resultados obtidos para as amostras pertencentes ao tipo de arroz Agulha. Na Figura 36 são apresentadas as curvas de viscosidade da amostra Agulha1 ao longo de 18 meses.

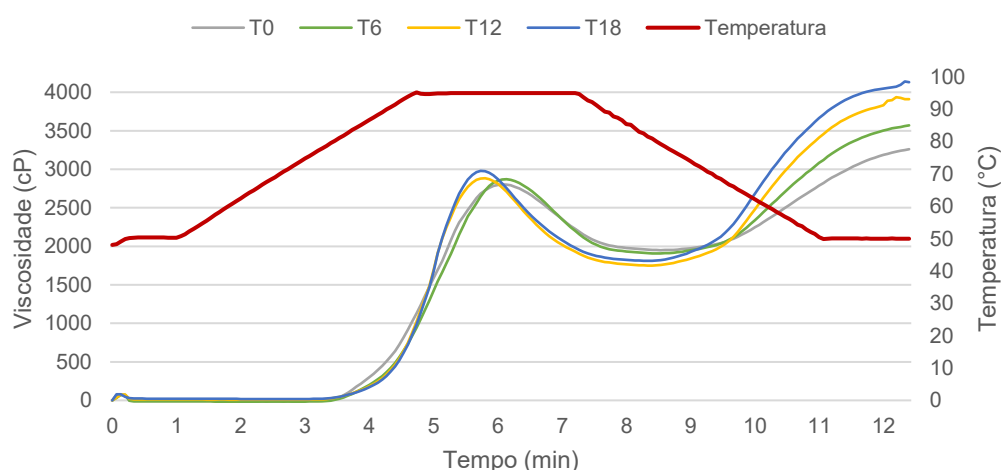


Figura 36: Perfil de viscosidade da amostra Agulha1 ao longo de 18 meses.

Verificam-se aumentos no pico de viscosidade e na viscosidade final, que parecem crescer com o tempo. Já a vala de viscosidade diminui ao longo dos meses. Como constatado anteriormente, as

oscilações nestes três parâmetros influenciam o *breakdown* e o *setback*.

Analisando estatisticamente, percebe-se que a maioria dos parâmetros revela diferenças significativas nos tempos de prateleira de 12 e 18 meses. O pico de viscosidade começa a mostrar uma diferença significativa relativa ao controlo apenas aos 18 meses ($p < 0,05$), enquanto a vala de viscosidade apresenta diferenças significativas em ambos os tempos referidos ($p < 0,01$), o que resulta num comportamento semelhante no *breakdown* ($p < 0,05$). A viscosidade final diferencia-se da amostra controlo em todos os tempos analisados ($p < 0,05$), aumentando as suas diferenças nos 12 e 18 meses ($p < 0,01$). Por fim, o *setback* apresenta diferenças significativas aos 12 meses ($p < 0,05$) e, maiores, aos 18 meses ($p < 0,01$). Com as alterações verificadas, o arroz Agulha1 vai absorver mais água na fase de aquecimento e sofrer depois uma maior desintegração nos seus grãos de amido, no entanto, também adquiriu a capacidade de se reorganizar melhor e formar um gel ainda mais rígido.

Esta amostra representa um arroz Agulha da Europa que, com o tempo, se tende a aproximar a um Agulha da América do Sul em todos os seus parâmetros de viscosidade, com exceção do *breakdown*. Estas mudanças de comportamento podem ser vistas como favoráveis ou não favoráveis dependendo de quem consuma o arroz, pois, no caso de ser um cliente habitual, este de certeza que espera as características do arroz Agulha Europeu e poderá sentir maior diferença. Contudo, a obtenção de um arroz Agulha mais seco e de grão mais rígido é normalmente vantajosa para o consumidor comum.

A amostra Agulha2 encontra-se representada na Figura 37 através das curvas de viscosidade obtidas ao longo de 18 meses.

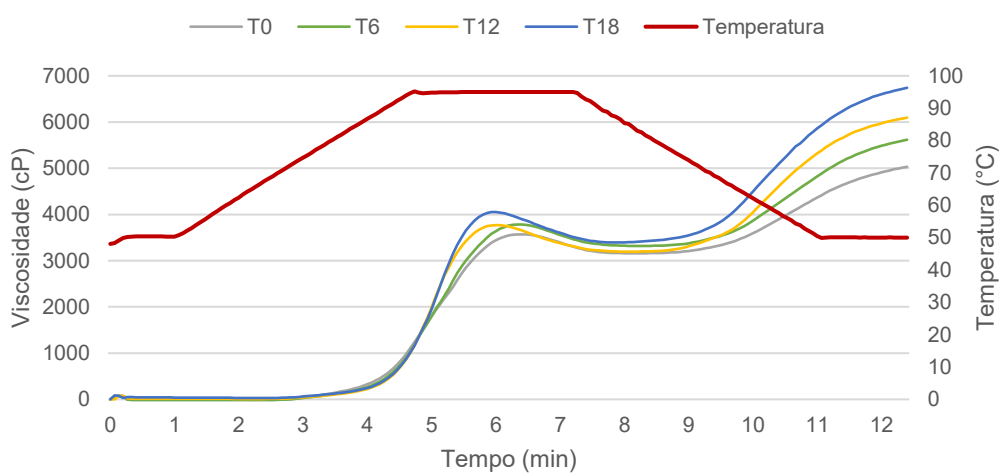


Figura 37: Perfil de viscosidade da amostra Agulha2 ao longo de 18 meses.

Pela observação do gráfico, este arroz parece apresentar um comportamento semelhante ao da amostra anterior, com exceção do parâmetro de vala da viscosidade, que revela alterações contrárias e ligeiras. Em termos de significado estatístico, o pico de viscosidade aos 18 meses apresenta

diferenças ($p < 0,01$) relativamente ao da amostra de controlo. Tanto a viscosidade final como o *setback* aumentam significativamente ao longo de todos os meses analisados, sendo que as diferenças verificadas na viscosidade final apresentam maior significância ($p < 0,01$). Aos 18 meses, a viscosidade final mostra uma diferença com enorme significado estatístico ($p < 0,0001$), resultando num arroz de elevada rigidez e firmeza, que será mais seco e mais fácil de cozer.

A Figura 38 corresponde às curvas de viscosidade obtidas ao longo de 18 meses para a amostra Agulha3P.

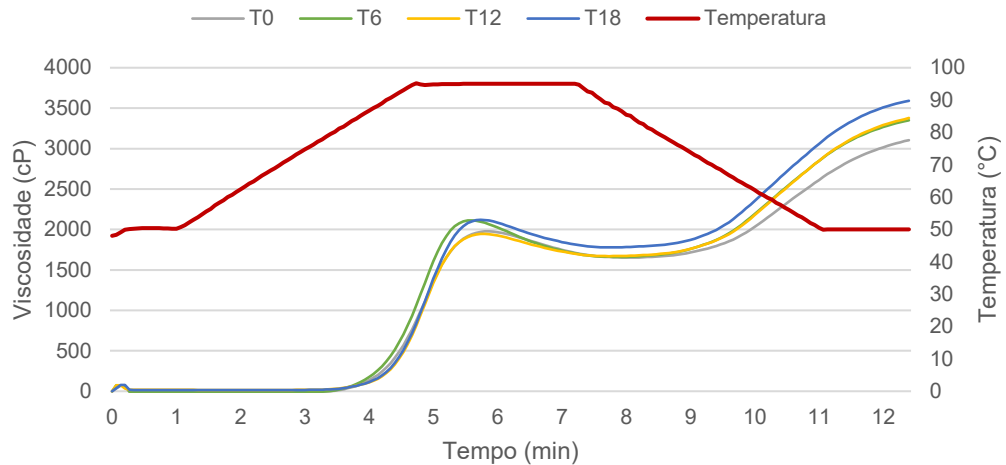


Figura 38: Perfil de viscosidade da amostra Agulha3P ao longo de 18 meses.

Esta amostra é mais um arroz Agulha com alterações semelhantes aos anteriores, no entanto parecem menos marcadas. As diferenças com maior significado estatístico encontram-se nos parâmetros de viscosidade final e *setback*, sobretudo nos 18 meses ($p < 0,001$), resultando, novamente, num arroz mais seco e de grão mais firme, o que é vantajoso.

Apresenta-se a amostra Agulha3C na Figura seguinte através das curvas de viscosidade obtidas ao longo de 18 meses.

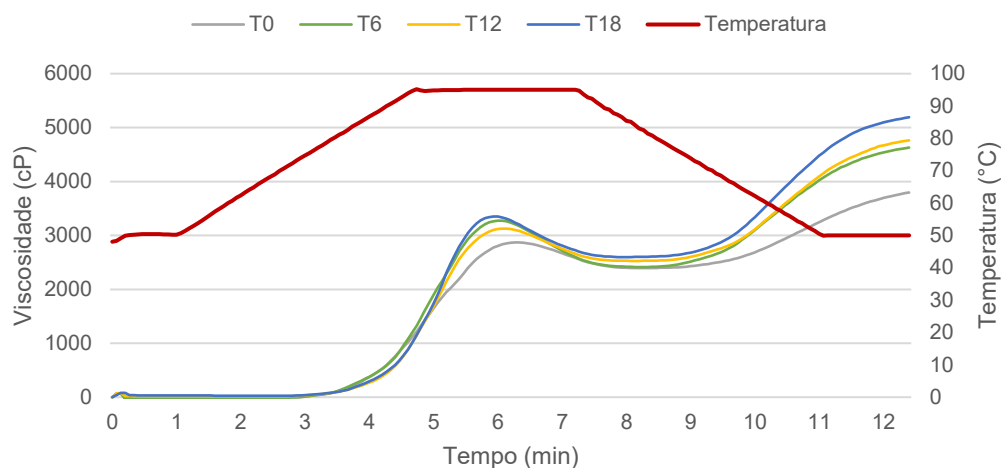


Figura 39: Perfil de viscosidade da amostra Agulha3C ao longo de 18 meses.

Pode concluir-se que, no geral, as quatro amostras de arroz Agulha apresentam comportamentos idênticos ao longo dos 18 meses de tempo de prateleira, incidindo essencialmente nos parâmetros de viscosidade final e setback, que resultam em diferenças benéficas nas variedades deste tipo de arroz.

Verifica-se maior destaque no pico de viscosidade deste arroz Agulha3C comparado aos restantes, ainda assim as repercussões não são diferentes das já descritas.

Em seguida, apresentam-se as variedades pertencentes à subespécie *japonica* submetidas à avaliação da influência do tempo de prateleira nas suas propriedades de viscosidade. Para começar, na Figura 40 seguem as curvas de viscosidade da amostra Carolino1 ao longo de 18 meses.

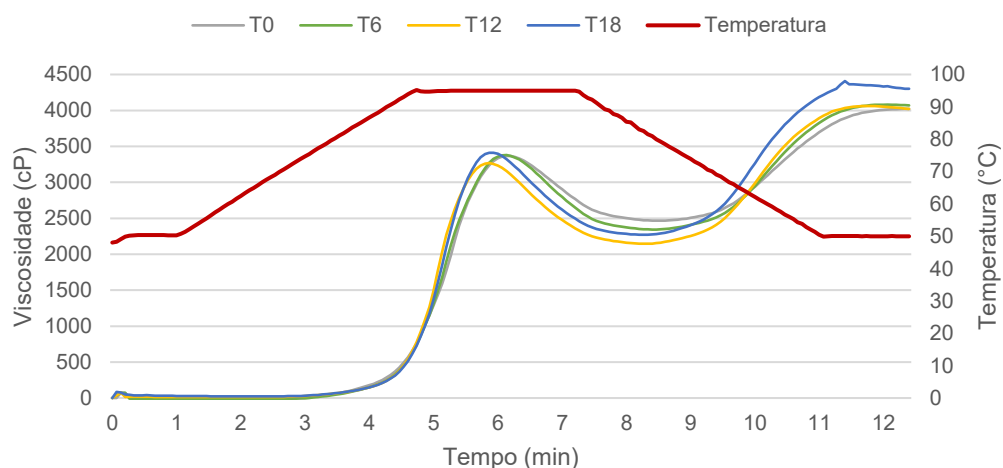


Figura 40: Perfil de viscosidade da amostra Carolino1 ao longo de 18 meses.

Pela análise do gráfico, a amostra Carolino1 aparenta poucas alterações ao longo do tempo relativamente à amostra de controlo. A viscosidade final aos 18 meses apresenta algum destaque das

restantes pela sua superioridade, porém, sem significado estatístico ($p > 0,05$). Este destaque acaba por se notar no *setback*, que já mostra diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). O *breakdown* aumenta significativamente nos 12 e 18 meses ($p < 0,01$) por consequência de algumas oscilações nos valores de vala de viscosidade.

Este arroz poderá apresentar-se menos viscoso e mais solto com o tempo, devido à reorganização mais rápida dos grãos de amido, contudo, segundo o feedback da empresa, esta é uma variedade que normalmente tende a oscilar nos seus parâmetros de viscosidade, mas não sofrer grandes alterações, nem ser suscetível de reclamações por parte dos clientes habituais. Com isto, não se obtém uma resposta clara quanto às alterações verificadas, nem se estas são positivas ou negativas, pelo que se sugere a extensão desta avaliação por mais 6 meses, assim como, a sua repetição em amostras de vários fornecedores, por exemplo.

Na Figura 41 estão presentes as curvas de viscosidade da amostra Carolino2 num período de 6 meses.

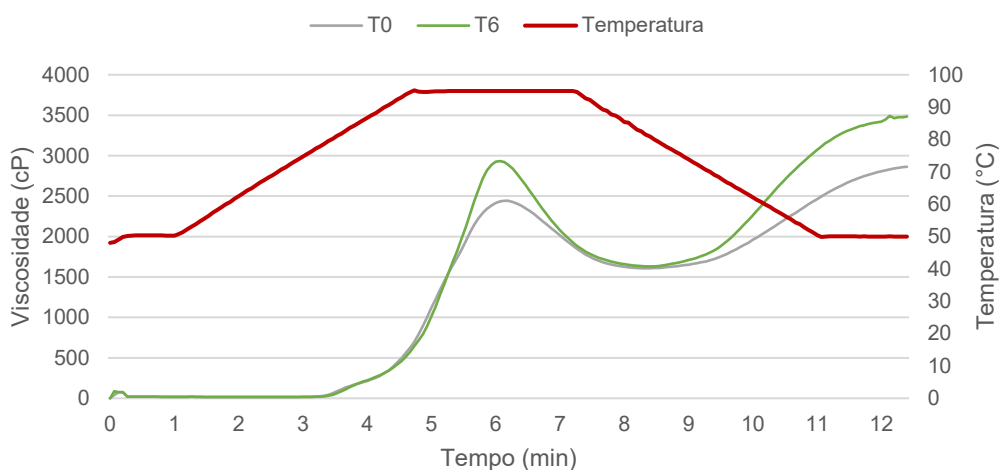


Figura 41: Perfil de viscosidade da amostra Carolino2 ao longo de 6 meses.

Esta amostra foi incluída no trabalho mais tarde e, por isso, apenas foi possível analisar o seu tempo de prateleira em 6 meses, no entanto, esta apresenta diferenças estatisticamente significativas neste curto prazo. O pico de viscosidade aumenta em cerca de 500 cP ($p < 0,001$) e, como resultado, o *breakdown* também ($p < 0,01$). Na viscosidade final ocorre também um grande aumento ($p < 0,001$). As diferenças verificadas no pico de viscosidade e na viscosidade final acabam por se anular no *setback* e este manter um valor estável e sem significado estatístico, bem como, sem alterações no comportamento do arroz. É necessária a continuação do estudo desta amostra Carolino2, de forma a perceber se ocorrem mais variações no seu perfil de viscosidade ao longo do tempo.

Por último, as curvas de viscosidade da amostra Médio obtidas ao longo de 18 meses são apresentadas na Figura 42.

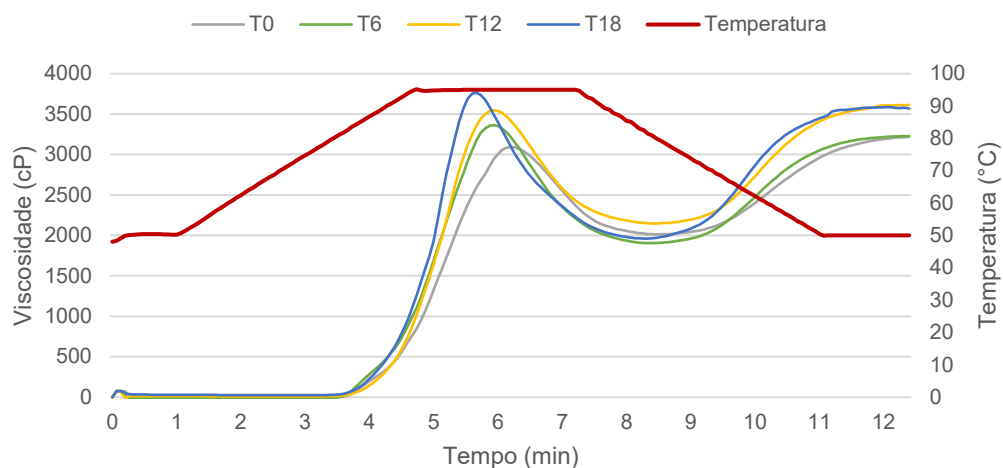


Figura 42: Perfil de viscosidade da amostra Médio ao longo de 18 meses.

O pico de viscosidade é o parâmetro com maior realce no comportamento do arroz Médio ao longo dos 18 meses de tempo de prateleira, aumentando em todos os tempos analisados e distanciando-se cada vez mais do pico de viscosidade da amostra de controlo. Em termos estatísticos, a significância da diferença em relação ao controlo também aumenta do T6 ($p < 0,01$) para os T12 e T18 ($p < 0,001$). A vala de viscosidade mantém-se igual e, portanto, o *breakdown* sofre diferenças da mesma forma que o pico de viscosidade, representando mais significado nos 18 meses ($p < 0,0001$). A viscosidade final apresenta diferenças estatisticamente significativas apenas nos dois últimos tempos analisados ($p < 0,01$). Devido ao facto do valor de pico de viscosidade dos 6 e 18 meses ser superior ao da viscosidade final, o *setback* nestes meses é negativo, o que resulta em diferenças bastante significativas ($p < 0,001$). O arroz Médio tem baixo teor em amilose, apresentando assim baixos valores de *setback*, que tendem a diminuir ainda mais com o tempo de armazenamento. Dado que este arroz é habitualmente utilizado para sushi, a maior absorção de água provocada pelo aumento do pico de viscosidade será favorável para a infiltração dos temperos no grão, a maior desintegração aliada à leve retrogradação dos grãos de amido vão ajudar a manter a consistência viscosa pretendida neste arroz. Assim, pode-se verificar que o envelhecimento deste arroz o torna num produto final melhor.

De modo a concluir este tema, confirma-se que as alterações provocadas pelo envelhecimento nas propriedades de viscosidade do arroz são, na sua maioria, benéficas, como descrito pela bibliografia referida no ponto 3.4. Além disto, o fator textura pode ser identificado como o mais afetado pelos processos decorrentes do envelhecimento do arroz, uma vez que os parâmetros de viscosidade que sofreram mais variações (viscosidade final e *setback*) (Azizi et al., 2019; Keawpeng & Venkatachalam, 2015; Saikrishna et al., 2018) estão relacionados com a formação da textura do arroz cozido.

O aumento geral do pico de viscosidade ao longo do tempo também foi experienciado por outros autores e revela que os grãos de amido do arroz sujeito a armazenamento apresentam maior

resistência que os grãos de amido de um arroz “novo”, o que dificulta o processo de desordem da estrutura do amido (Saikrishna et al., 2018; Zhou et al., 2002a, 2010). Chrastil (1990) e Zhou et al. (2015) indicam que esta resistência pode ter origem em ligações entre os grãos de amido e moléculas de proteínas. Quanto ao *breakdown*, verificou-se sobretudo um aumento deste parâmetro nas variedades estudadas, o que não se encontra de acordo com a bibliografia que defende que este diminui com o envelhecimento, devido à maior organização da estrutura dos grãos de amido e consequente dificuldade em rompê-la (Azizi et al., 2019; Saikrishna et al., 2018; Sowbhagya & Bhattacharya, 2001). No entanto, Patindol et al. (2005) sugerem que o aumento do *breakdown* pode ser atribuído à alteração da estrutura da amilopectina e à diminuição do comprimento médio das suas cadeias.

Na maioria das amostras estudadas, o arroz tende a endurecer como consequência do tempo de prateleira. Em concordância com Yu et al. (2009), verifica-se que o arroz com maior teor em amilose endurece mais facilmente (amostras de arroz Basmati e Agulha), enquanto o arroz com menor teor de amilose endurece mais lentamente (amostras de arroz Jasmin, Carolino e Médio). Isto pode ser relacionado com a velocidade do processo de envelhecimento, que, como mencionado no ponto 3.4, ocorre de forma mais acelerada nas variedades com maior teor em amilose.

6. Conclusões

O estágio curricular realizado na Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. permitiu construir a ligação entre os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico e o *know-how* industrial, possibilitou ainda a prática desses mesmos conhecimentos, assim como, a aprendizagem de novos conceitos úteis no contexto profissional e da indústria alimentar. Os objetivos definidos para o estágio e para a realização deste trabalho foram cumpridos, tendo-se obtido, mais especificamente, a caracterização das variedades de arroz e a avaliação da influência do tempo de prateleira nas propriedades reológicas do arroz.

Dentro das várias características do arroz determinadas e analisadas para este trabalho, retiraram-se algumas conclusões que importam realçar. O arroz pertencente à subespécie *indica* apresenta um grão mais comprido e mais fino, que, conseqüentemente, resulta numa maior relação C/L. O contrário verifica-se para as variedades pertencentes à subespécie *japonica*. Em termos do grau de brancura do arroz, a subespécie *japonica* apresenta, no geral, valores superiores. Os tempos de cozedura obtidos encontram-se no intervalo dos 14 aos 24 minutos. Este parâmetro apresenta uma correlação negativa estatisticamente significativa com a relação C/L dos grãos.

As propriedades de viscosidade do arroz possibilitam a interpretação das reações de gelatinização e retrogradação do amido, que ocorrem durante e após o processo de cozedura, sendo bastantes úteis na previsão do comportamento de cada variedade de arroz. No arroz Vaporizado verifica-se um comportamento diferente devido ao tratamento de gelatinização do amido que alterou a sua estrutura e, conseqüentemente, o seu funcionamento na presença de água e altas temperaturas. A correlação positiva estatisticamente significativa obtida entre os parâmetros pico e vala de viscosidade comprovam que a quebra de viscosidade está associada à viscosidade máxima atingida anteriormente, resultante da hidratação dos grãos de amido. As variedades da subespécie *japonica* sofrem uma maior desintegração nos seus grãos de amido e uma baixa a moderada reorganização, pelo que apresentam uma textura final mais viscosa, contrariamente às variedades da subespécie *indica*.

Os resultados obtidos dos diversos parâmetros de viscosidade são influenciados por vários fatores, os quais tornam cada uma das variedades única. As condições de cultivo, o clima nas diferentes fases de desenvolvimento da planta do arroz, o tempo de maturação, a genética da planta, a composição nutricional e química, a distribuição dos compostos pelas várias frações do grão, etc. criam um género de um perfil da variedade, que deve ser o mais explorado quanto possível pelo impacto que tem na caracterização do arroz.

Relativamente à influência do tempo de prateleira no arroz, verificaram-se diferentes comportamentos entre as variedades estudadas, no entanto, foi possível obter algumas conclusões. No geral, o envelhecimento do arroz durante o seu tempo prateleira é um fenómeno que provoca

alterações benéficas. Durante este processo, os grãos de amido do arroz tornam-se mais resistentes e a sua estrutura mais organizada. Conclui-se ainda que as variedades com maior teor em amilose (na teoria) tendem a sofrer um envelhecimento mais acelerado que as variedades com menor teor desta molécula. Como sugestão, a determinação do teor de amilose das amostras seria uma opção para confirmar esta conclusão.

Os estudos das variedades de arroz representam um grande valor para a indústria arroseira e necessitam de ser feitos continuamente para que a empresa obtenha um produto final de qualidade. Com a elaboração deste trabalho vão ser fornecidos dados importantes para que a empresa possa continuar a conhecer, interpretar e compreender a sua matéria-prima, prever o seu comportamento enquanto produto final e poder até testar novas experiências ou técnicas, tendo sempre em vista a melhoria da qualidade do produto.

Bibliografia

- AACC International Method 61-02.01, Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser (1999).
- Agronegócios. (2019). *O arroz*. <http://www.agronegocios.eu/noticias/o-arroz/>
- Amylose or Amylopectin?* (n.d.). Retrieved May 24, 2022, from <https://futurefoodchemist.weebly.com/amylose-or-amylopectin.html>
- APN. (2017). Rotulagem Alimentar: um guia para uma escolha consciente. In *Coleção E-books APN: N.º 42*. www.apn.org.pt
- Ayabe, S., Kasai, M., Ohishi, K., & Hatae, K. (2009). Textural Properties and Structures of Starches from Indica and Japonica Rice with Similar Amylose Content. *Food Science and Technology Research*, 15(3), 299–206.
- Azizi, R., Capuano, E., Nasirpour, A., Pellegrini, N., Golmakani, M. T., Hosseini, S. M. H., & Farahnaky, A. (2019). Varietal differences in the effect of rice ageing on starch digestion. *Food Hydrocolloids*, 95, 358–366. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.04.057>
- Balindong, J. L., Ward, R. M., Liu, L., Rose, T. J., Pallas, L. A., Ovenden, B. W., Snell, P. J., & Waters, D. L. E. (2018). Rice grain protein composition influences instrumental measures of rice cooking and eating quality. *Journal of Cereal Science*, 79, 35–42. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2017.09.008>
- Bao, J. (2018). Rice: Chemistry and Technology. In *Rice: Chemistry and Technology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01526-7>
- Bao, J., Sun, M., & Corke, H. (2007). Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. *Carbohydrate Polymers*, 67(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2006.05.011>
- Batey, I. L. (2007). Interpretation of RVA Curves. In G. B. Crosbie & A. S. Ross (Eds.), *The RVA Handbook* (pp. 19–30). AACC International.
- Bautista, R. C., & Counce, P. A. (2020). An Overview of Rice and Rice Quality. *Cereal Foods World*, 65(5), 244–252. <https://doi.org/10.1094/CFW-65-5-0052>
- Bhat, F. M., & Riar, C. S. (2017). Physicochemical, cooking, and textural characteristics of grains of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of temperate region of India and their interrelationships. *Journal of Texture Studies*, 48(2), 160–170. <https://doi.org/10.1111/JTXS.12227>
- Bhattacharya, K. R. (2011). *Rice Quality: A Guide to Rice Properties and Analysis* (1st ed.). Woodhead Publishing Limited.
- Bhattacharya, K. R., & Ali, S. Z. (2015). *An Introduction to Rice-grain Technology* (1st Edition). WPI Publishing. <https://doi.org/10.1201/b18904>
- Butt, M., Anjum, F., Tahir-Nadeem, M., Sharif, M., & Anwer, M. (2008). Selected Quality Attributes of Fine Basmati Rice: Effect of Storage History and Varieties. *International Journal of Food Properties*, 11(3), 698–711. <https://doi.org/10.1080/10942910701622706>
- CFIA. (2022). *Canadian Food Inspection Agency*. <https://inspection.canada.ca/eng/1297964599443/1297965645317>

- Champagne, E. T. (2008). Rice Aroma and Flavor: A Literature Review. *Cereal Chemistry Journal*, 85(4), 445–454. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0445>
- Chrastil, J. (1990). Protein-Starch Interactions in Rice Grains. Influence of Storage on Oryzenin and Starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(9), 1804–1809. <https://doi.org/10.1021/JF00099A005>
- Chukwu, O., & Oseh, F. J. (2009). Response of Nutritional Contents of Rice (*Oryza sativa*) to Parboiling Temperatures. *Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3), 381–387. <https://www.researchgate.net/publication/236621146>
- Dang, J. M. C., & Copeland, L. (2004). Genotype and Environmental Influences on Pasting Properties of Rice Flour. *Cereal Chemistry*, 81(4), 486–489. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.4.486>
- Decreto-Lei n.º 157/2017, Pub. L. No. 157/2017, Diário da República n.º 248/2017, Série I de 2017-12-28 6719 (2017).
- Derycke, V., Veraverbeke, W. S., Vandeputte, G. E., de Man, W., Hosney, R. C., & Delcour, J. A. (2005). Impact of Proteins on Pasting and Cooking Properties of Nonparboiled and Parboiled Rice. *Cereal Chemistry*, 82(4), 468–474. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0468>
- FDA. (2022). *Food | FDA*. <https://www.fda.gov/food>
- Ficha de Internacionalização Arroz. (2016). *Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral*, 1–8.
- Freitas, V. (n.d.). 3. Carboidratos. Amido. In *Química dos Alimentos e Nutrição*. Departamento de Química do Porto.
- Frohber, C., & la Cognata, U. (2010). *Starches with high amylose content and improved processing properties* (Patent No. EP 2 158 320 B1).
- Han, X. Z., & Hamaker, B. R. (2001). Amylopectin Fine Structure and Rice Starch Paste Breakdown. *Journal of Cereal Science*, 34(3), 279–284. <https://doi.org/10.1006/JCRS.2001.0374>
- Himmelsbach, D. S., Manful, J. T., & Coker, R. D. (2008). Changes in Rice with Variable Temperature Parboiling: Thermal and Spectroscopic Assessment. *Cereal Chemistry*, 85(3), 384–390. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-3-0384>
- Hu, X., Lu, L., Guo, Z., & Zhu, Z. (2020). Volatile compounds, affecting factors and evaluation methods for rice aroma: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.003>
- INE. (2022). *Consumo humano de arroz branqueado e semibranqueado per capita (kg/ hab.) por Comprimento do grão*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000186&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt
- ISO 14864:1998, Pub. L. No. ISO 14864:1998, Rice — Evaluation of gelatinization time of kernels during cooking (1998).
- Juliano, B. O. (1984). Rice Starch: Production, Properties and Uses. In *Starch: Chemistry and Technology* (pp. 507–528). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746270-7.50022-7>
- Juliano, B. O., & Tuaño, A. P. P. (2019). Gross structure and composition of the rice grain. In *Rice: Chemistry and Technology* (pp. 31–53). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978->

- Keawpeng, I., & Venkatachalam, K. (2015). Effect of aging on changes in rice physical qualities. *International Food Research Journal*, 22(6), 2180–2187.
- Kesarwani, A., Chiang, P. Y., & Chen, S. S. (2016). Rapid Visco Analyzer Measurements of japonica Rice Cultivars to Study Interrelationship between Pasting Properties and Farming System. *International Journal of Agronomy*, 2016, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2016/3595326>
- Khush, G. S. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Molecular Biology*, 35(1/2), 25–34. <https://doi.org/10.1023/A:1005810616885>
- Kong, X., Zhu, P., Sui, Z., & Bao, J. (2015). Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chemistry*, 172, 433–440. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.09.085>
- Lin, Q. lu, Xiao, H. xi, Fu, X. jin, Tian, W., Li, L. hui, & Yu, F. xiang. (2011). Physico-Chemical Properties of Flour, Starch, and Modified Starch of Two Rice Varieties. *Agricultural Sciences in China*, 10(6), 960–968. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60082-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60082-5)
- Liu, Q., Kong, Q., Li, X., Lin, J., Chen, H., Bao, Q., & Yuan, Y. (2020). Effect of mild-parboiling treatment on the structure, colour, pasting properties and rheology properties of germinated brown rice. *LWT - Food Science and Technology*, 130, 109623. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109623>
- Mir, S. A., John, S., & Bosco, D. (2013). Effect of Soaking Temperature on Physical and Functional Properties of Parboiled Rice Cultivars Grown in Temperate Region of India. *Food and Nutrition Sciences*, 04(03), 282–288. <https://doi.org/10.4236/FNS.2013.43038>
- Muthayya, S., Sugimoto, J. D., Montgomery, S., & Maberly, G. F. (2014). An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 7–14. <https://doi.org/doi:10.1111/nyas.12540>
- Novarroz. (2021). *Relatório de Sustentabilidade 2020*. https://www.novarroz.pt/web_relatoriosustentabilidade.pdf
- Novarroz. (2022a). *A Marca - Arroz ORIENTE*. <https://www.arrozoriente.com/a-marca/>
- Novarroz. (2022b). *As nossas marcas*. <https://www.novarroz.pt/pt/marcas-e-produtos>
- Novarroz. (2022c). *História, fábrica e capacidade de produção*. <https://www.novarroz.pt/pt/quem-somos>
- Novarroz. (2022d). *Notícias*. <https://www.novarroz.pt/pt/noticias>
- Novarroz. (2022e). *Variedades de arroz*. <https://www.novarroz.pt/pt/variedades-de-arroz>
- Oli, P., Ward, R., Adhikari, B., & Torley, P. (2014). Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *Journal of Food Engineering*, 124, 173–183. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.09.010>
- Pal, P., Singh, N., Kaur, P., & Kaur, A. (2018). Effect of Parboiling on Phenolic, Protein, and Pasting Properties of Rice from Different Paddy Varieties. *Journal of Food Science*, 83(11), 2761–2771. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14347>
- Park, I., Kim, S. H., Chung, I. M., & Shoemaker, C. F. (2013). Effect of amylopectin long chains on

- measured amylose content and their correlation with pasting properties. *Starch - Stärke*, 65(3–4), 227–235. <https://doi.org/10.1002/STAR.201200121>
- Patindol, J., Wang, Y.-J., & Jane, J. (2005). Structure-Functionality Changes in Starch Following Rough Rice Storage. *Starch - Stärke*, 57(5), 197–207. <https://doi.org/10.1002/star.200400367>
- Perten Instruments. (n.d.). *Rapid Visco Analyser (RVA) — Application and Method*. Retrieved June 12, 2022, from https://www.perten.com/Global/Brochures/RVA/RVA%20Method%20Brochure_20151110.pdf
- Ramtekey, V., Cherukuri, S., Modha, K. G., Kumar, A., Kethineni, U. B., Pal, G., Singh, A. N., & Kumar, S. (2021). Extraction, characterization, quantification, and application of volatile aromatic compounds from Asian rice cultivars. *Reviews in Analytical Chemistry*, 40(1), 272–292. <https://doi.org/10.1515/revac-2021-0137>
- Rao, S. N. R., & Juliano, B. O. (1970). Effect of Parboiling on Some Physicochemical Properties of Rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18(2), 289–294. https://doi.org/10.1021/JF60168A017/ASSET/JF60168A017.FP.PNG_V03
- Regulamento (UE) n.º 1169/2011, Pub. L. No. 1169/2011, Jornal Oficial da União Europeia L 304 18 (2011).
- Saikrishna, A., Dutta, S., Subramanian, V., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2018). Ageing of rice: A review. *Journal of Cereal Science*, 81, 161–170. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2018.04.009>
- Saleh, A. S. M., Wang, P., Wang, N., Yang, L., & Xiao, Z. (2019). Brown Rice Versus White Rice: Nutritional Quality, Potential Health Benefits, Development of Food Products, and Preservation Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1070–1096. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12449>
- Schwanz Goebel, J. T., Kaur, L., Colussi, R., Elias, M. C., & Singh, J. (2019). Microstructure of indica and japonica rice influences their starch digestibility: A study using a human digestion simulator. *Food Hydrocolloids*, 94, 191–198. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.02.038>
- SGS SA. (2022). *Certificação | SGS Portugal*. <https://www.sgs.pt/pt-pt/agriculture-food/food/gfsi-certification>
- Singh, N., Kaur, L., Singh Sodhi, N., & Singh Sekhon, K. (2005). Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89(2), 253–259. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.02.032>
- Siriamornpun, S., Sareepuang, K., Wiset, L., & Meeso, N. (2008). Effect of Soaking Temperature on Physical, Chemical and Cooking Properties of Parboiled Fragrant Rice. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 409–415.
- Smith, C. W., & Dilday, R. H. (2002). *Rice: Origin, History, Technology, and Production: Vol. Volume 3* (C. W. Smith & R. H. Dilday, Eds.; 1st ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M., & Singh, J. (2003). Changes in Physico-Chemical, Thermal, Cooking and Textural Properties of Rice during Aging. *Journal of Food Processing Preservation*, 27, 387–400.
- Sowbhagya, C. M., & Bhattacharya, K. R. (2001). Changes in Pasting Behaviour of Rice during Ageing. *Journal of Cereal Science*, 34(2), 115–124. <https://doi.org/10.1006/JCRS.2001.0371>

- Statista. (2022, January 31). *Total global rice consumption 2021/22*. <https://www.statista.com/statistics/255977/total-global-rice-consumption/#professional>
- Suwansri, S., & Meullenet, J. F. (2004). Physicochemical Characterization and Consumer Acceptance by Asian Consumers of Aromatic Jasmine Rice. *Journal of Food Science*, *69*(1), SNQ30–SNQ37. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.TB17883.X>
- Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T., & Takeda, Y. (2014). The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation. *Food and Nutrition Sciences*, *5*, 280–291. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.53035>
- Tao, K., Li, C., Yu, W., Gilbert, R. G., & Li, E. (2019). How amylose molecular fine structure of rice starch affects functional properties. *Carbohydrate Polymers*, *204*, 24–31. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2018.09.078>
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *14*(5), 568–585. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12143>
- Yu, S., Ma, Y., Menager, L., & Sun, D. W. (2012). Physicochemical Properties of Starch and Flour from Different Rice Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(2), 626–637. <https://doi.org/10.1007/S11947-010-0330-8/TABLES/8>
- Yu, S., Ma, Y., & Sun, D. W. (2009). Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *Journal of Cereal Science*, *50*(2), 139–144. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2009.04.003>
- Zhang, G., Maladen, M. D., & Hamaker, B. R. (2003). Detection of a Novel Three Component Complex Consisting of Starch, Protein, and Free Fatty Acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(9), 2801–2805. <https://doi.org/10.1021/jf030035t>
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2002a). Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *Journal of Cereal Science*, *35*(1), 65–78. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0418>
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2002b). Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, *37*(8), 849–868. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00625.x>
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2003). Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *Food Research International*, *36*, 625–634. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00013-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00013-9)
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2010). Effect of storage temperature on rice thermal properties. *Food Research International*, *43*(3), 709–715. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.11.002>
- Zhou, Z., Wang, X., Si, X., Blanchard, C., & Strappe, P. (2015). The ageing mechanism of stored rice: A concept model from the past to the present. *Journal of Stored Products Research*, *64*, 80–87. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2015.09.004>

Apêndices

Apêndice A – Características biométricas e tempo de cozedura das amostras caracterizadas

Tabela 10: Valores obtidos das características biométricas e tempo de cozedura das amostras caracterizadas.

Kett	% gessados	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Relação C/L	L*	Tempo cozedura (min)
40,1	1,26	6,80	2,04	3,35	69,200	17
45,0	0,60	7,03	2,08	3,39	70,701	18
40,2	6,60	7,32	1,64	4,47	71,442	15
40,0	3,40	6,88	1,56	4,40	69,619	15
30,5	0,00	6,92	2,00	3,48	63,532	14
30,6	0,00	7,11	2,07	3,46	64,363	15
44,5	2,50	6,60	2,60	2,50	72,768	24
42,6	0,80	6,03	2,49	2,43	70,253	18
43,1	0,90	6,26	2,54	2,48	69,274	18
44,9	0,72	5,45	2,60	2,10	69,138	18
51,7	0,60	6,57	3,29	2,01	74,154	19
48,9	0,78	6,38	3,14	2,04	73,696	18
47,5	0,62	4,68	2,78	1,69	72,834	17
45,0	2,00	4,93	2,70	1,83	69,492	18

Apêndice B – Propriedades reológicas das amostras caracterizadas

Tabela 11: Conjunto de valores das propriedades reológicas das amostras caracterizadas.

Código	Pico (cP)	Vala (cP)	Breakdown (cP)	Viscosidade final (cP)	Setback (cP)	Tempo do pico (min)	Pasting Temp (°C)
Agulha1	3426 ± 133 ^a	3041 ± 125 ^a	385 ± 8 ^a	5433 ± 231 ^a	2007 ± 98 ^a	6,1 ± 0,1 ^a	68,7 ± 0,4 ^a
Agulha2	2550 ± 30 ^b	1672 ± 46 ^b	878 ± 17 ^b	3009 ± 21 ^b	460 ± 9 ^b	5,9 ± 0,1 ^{ab}	79,9 ± 0,4 ^b
Basmati1	2924 ± 60 ^c	2660 ± 49 ^c	264 ± 11 ^{ac}	4210 ± 13 ^c	1286 ± 72 ^c	6,6 ± 0,1 ^c	89,9 ± 0,1 ^c
Basmati2	2541 ± 1 ^{bd}	1752 ± 17 ^{bd}	789 ± 17 ^{bd}	3456 ± 35 ^d	915 ± 35 ^d	6,07 ± 0,0 ^{abd}	87,5 ± 0,0 ^d
Vaporizado1	402 ± 33 ^e	409 ± 33 ^e	-7 ± 0 ^e	484 ± 31 ^e	83 ± 2 ^e	7 ± 0 ^{ce}	
Vaporizado2	599 ± 22 ^{ef}	603 ± 21 ^{ef}	-5 ± 1 ^{ef}	704 ± 26 ^{ef}	106 ± 5 ^f	7 ± 0 ^{cef}	
Carolino1	2979 ± 16 ^{cg}	1756 ± 37 ^{bdg}	1224 ± 21 ^g	3161 ± 5 ^{bdg}	182 ± 12 ^{efg}	5,9 ± 0,1 ^{abdg}	83,2 ± 0,4 ^g
Carolino2	3614 ± 4 ^{ah}	2457 ± 20 ^{ch}	1157 ± 24 ^{gh}	4012 ± 35 ^{ch}	398 ± 39 ^{bgh}	6,3 ± 0,1 ^{abcdh}	88,7 ± 0,4 ^{cdh}
Carolino3	2931 ± 18 ^{cgi}	1950 ± 31 ^{bdgi}	981 ± 13 ^{bhi}	3462 ± 25 ^{dgi}	531 ± 7 ^{bhi}	6,3 ± 0,0 ^{abcdghi}	90,3 ± 0,4 ^{chi}
Médio	2637 ± 27 ^{bdj}	1727 ± 36 ^{bdgij}	911 ± 63 ^{bdij}	3085 ± 28 ^{bdgij}	448 ± 55 ^{bhij}	6,2 ± 0,0 ^{abcdghij}	89,9 ± 0,0 ^{chij}
Risotto1	3062 ± 27 ^{cgik}	1910 ± 19 ^{bdgijk}	1152 ± 8 ^{ghik}	3143 ± 19 ^{bdgijk}	81 ± 8 ^{efgk}	6,2 ± 0,0 ^{abcdghijk}	72,8 ± 0,4 ^k
Risotto2	2804 ± 33 ^{bcgijkl}	2074 ± 53 ^{dgikl}	730 ± 21 ^{bdl}	3240 ± 38 ^{bdgijkl}	437 ± 6 ^{bghijl}	6,5 ± 0,0 ^{acdghijkl}	89,0 ± 0,0 ^{cdhijl}
Redondo1	1958 ± 53 ^m	1574 ± 84 ^{bdgjm}	384 ± 31 ^{acm}	2987 ± 34 ^{bgjklm}	1030 ± 87 ^{cdm}	6,2 ± 0,2 ^{abcdghijklm}	92,3 ± 0,8 ^{im}
Redondo2	3104 ± 17 ^{cgikn}	1945 ± 101 ^{bdgijkln}	1159 ± 84 ^{ghikn}	3373 ± 71 ^{bdgijklm}	269 ± 54 ^{befghijkln}	6,2 ± 0,2 ^{abcdghijklmn}	89,2 ± 0,8 ^{cdhijln}

Os resultados correspondem a médias de dois ensaios. Letras diferentes na mesma coluna (a-n) indicam diferenças estatisticamente significativas entre as médias (p<0,05).

Apêndice C – Matriz de correlação entre todos os parâmetros analisados para a caracterização de variedades

Tabela 12: Matriz de correlação entre todos os parâmetros analisados para a caracterização de variedades.

	Pico (cP)	Vala (cP)	Breakdown (cP)	Viscosidade final (cP)	Setback (cP)	Tempo do pico (min)	Pasting Temp (°C)	Tempo cozadura (min)	Kett	% gessados	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Relação C/L	L*
Pico (cP)	1													
Vala (cP)	0,91	1												
Breakdown (cP)	0,74	0,39	1											
Viscosidade final (cP)	0,91	0,98	0,43	1										
Setback (cP)	0,35	0,66	-0,30	0,70	1									
Tempo do pico (min)	-0,71	-0,51	-0,74	-0,64	-0,23	1								
Pasting Temp (°C)	0,85	0,73	0,68	0,78	0,32	-0,75	1							
Tempo cozadura (min)	0,53	0,26	0,75	0,29	-0,25	-0,67	0,46	1						
Kett	0,70	0,51	0,72	0,53	0,01	-0,67	0,81	0,61	1					
% gessados	0,34	0,47	-0,01	0,44	0,43	-0,14	0,39	-0,08	0,01	1				
Comprimento (mm)	-0,20	-0,05	-0,35	-0,12	0,08	0,27	-0,43	-0,24	-0,47	0,27	1			
Largura (mm)	0,27	0,06	0,52	0,03	-0,42	-0,18	0,29	0,58	0,72	-0,48	-0,56	1		
Relação C/L	-0,25	-0,02	-0,51	-0,03	0,36	0,24	-0,32	-0,56	-0,64	0,54	0,79	-0,93	1	
L*	0,70	0,59	0,59	0,60	0,15	-0,63	0,80	0,60	0,92	0,27	-0,25	0,55	-0,41	1

Apêndice D – Propriedades reológicas das amostras do tempo de prateleira

Tabela 13: Conjunto de valores das propriedades reológicas das amostras do tempo de prateleira.

Código	Tempo de prateleira Armazenado em branco	Pico (cP)	Vala (cP)	Breakdown (cP)	Viscosidade final (cP)	Setback (cP)
Basmati1	0 meses	2508 ± 66	1865 ± 38	644 ± 29	4093 ± 37	1585 ± 30
	6 meses	2630 ± 38	2007 ± 9	623 ± 29	4306 ± 20	1676 ± 18
	12 meses	2355 ± 153	1853 ± 122	502 ± 31*	3921 ± 130	1567 ± 23
	18 meses	2378 ± 16	1889 ± 3	489 ± 18*	4353 ± 26	1975 ± 10***
	24 meses	2538 ± 24	1928 ± 11	611 ± 14	4559 ± 11**	2021 ± 35***
Basmati2	0 meses	3276 ± 2	2958 ± 10	319 ± 8	4959 ± 59	1683 ± 61
	6 meses	3381 ± 22	2856 ± 72	526 ± 50*	5725 ± 13**	2344 ± 9*
	12 meses	3154 ± 22*	2908 ± 63	246 ± 41	5652 ± 155*	2499 ± 177**
	18 meses	3382 ± 31	3191 ± 22	191 ± 9	6029 ± 30**	2647 ± 1**
Jasmin1	0 meses	4071 ± 35	2171 ± 35	1900 ± 70	3357 ± 28	-714 ± 63
	6 meses	3977 ± 38	2218 ± 39	1759 ± 77	3498 ± 55	-479 ± 93
	12 meses	3801 ± 2*	2249 ± 4	1552 ± 6*	3676 ± 3**	-125 ± 5**
	18 meses	3598 ± 87**	2188 ± 54	1411 ± 34**	3829 ± 46***	231 ± 41***
	24 meses	3735 ± 5**	2244 ± 36	1491 ± 31**	3958 ± 1***	223 ± 5***
Jasmin2	0 meses	3358 ± 59	2302 ± 61	1056 ± 2	3993 ± 56	635 ± 4
	6 meses	3596 ± 26*	1928 ± 33**	1668 ± 7***	3770 ± 38	175 ± 13*
	12 meses	3497 ± 34	2178 ± 16	1319 ± 18**	4131 ± 76	635 ± 43
	18 meses	3523 ± 2	2191 ± 47	1333 ± 49**	4106 ± 171	583 ± 169
Agulha1	0 meses	2804 ± 16	1951 ± 11	853 ± 26	3261 ± 3	457 ± 18
	6 meses	2870 ± 1	1909 ± 11	961 ± 10	3570 ± 6*	701 ± 7
	12 meses	2884 ± 10	1750 ± 0***	1134 ± 10*	3911 ± 98**	1027 ± 107*
	18 meses	2981 ± 61*	1811 ± 11**	1170 ± 72*	4129 ± 64**	1148 ± 124**

Agulha2	0 meses	3572 ± 35	3160 ± 47	412 ± 13	5032 ± 56	1461 ± 22
	6 meses	3787 ± 15	3320 ± 12	467 ± 3	5618 ± 9**	1831 ± 23*
	12 meses	3772 ± 82	3196 ± 39	576 ± 43	6095 ± 59***	2323 ± 140**
	18 meses	4052 ± 14**	3394 ± 111	658 ± 97	6742 ± 24****	2691 ± 11***
Agulha3P	0 meses	1976 ± 25	1654 ± 19	323 ± 7	3104 ± 42	1128 ± 17
	6 meses	2114 ± 16*	1662 ± 3	452 ± 13**	3350 ± 21**	1237 ± 6*
	12 meses	1946 ± 9	1671 ± 2	276 ± 11*	3379 ± 22**	1433 ± 13***
	18 meses	2119 ± 40*	1779 ± 43*	341 ± 3	3591 ± 14***	1472 ± 26***
Agulha3C	0 meses	2870 ± 33	2396 ± 20	475 ± 14	3796 ± 49	926 ± 16
	6 meses	3275 ± 11***	2415 ± 38	861 ± 49**	4629 ± 19**	1354 ± 30*
	12 meses	3126 ± 20**	2528 ± 35	598 ± 15	4763 ± 71**	1637 ± 90**
	18 meses	3354 ± 15***	2599 ± 18*	755 ± 33**	5192 ± 94***	1839 ± 80**
Carolino1	0 meses	3367 ± 53	2466 ± 58	902 ± 5	4020 ± 63	653 ± 10
	6 meses	3380 ± 44	2344 ± 44	1037 ± 1	4071 ± 45	691 ± 1
	12 meses	3267 ± 75	2145 ± 64*	1122 ± 11**	4019 ± 69	753 ± 6
	18 meses	3396 ± 12	2270 ± 40	1126 ± 52**	4303 ± 60	907 ± 72*
Carolino2	0 meses	2444 ± 18	1608 ± 3	836 ± 20	2863 ± 2	420 ± 20
	6 meses	2934 ± 0***	1631 ± 64	1304 ± 64**	3483 ± 116***	549 ± 116
Médio	0 meses	3095 ± 10	2014 ± 36	1081 ± 27	3220 ± 17	125 ± 7
	6 meses	3364 ± 32**	1904 ± 45	1460 ± 13***	3228 ± 47	-137 ± 15***
	12 meses	3549 ± 39***	2149 ± 22	1401 ± 18***	3614 ± 21**	65 ± 19
	18 meses	3764 ± 25***	1961 ± 50	1804 ± 25****	3570 ± 48**	-195 ± 23***

Os resultados correspondem a médias de dois ensaios. Os asteriscos indicam diferenças estatisticamente significativas entre a média dos 0 meses e as restantes, dentro de cada coluna e de cada amostra. * (p<0,05); ** (p<0,01); *** (p<0,001); **** (p<0,0001).

Apêndice E – Perfis de viscosidade das amostras Basmati1 e Basmati2 nos vários tempos e modos de armazenamento

Basmati1

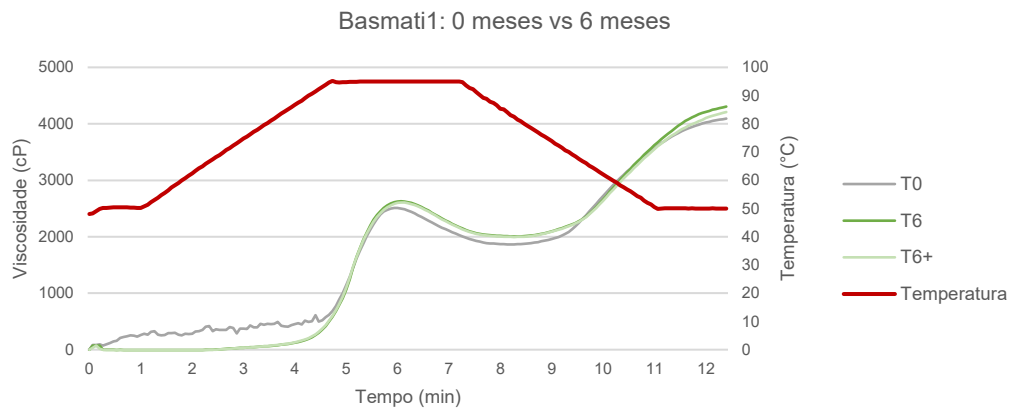


Figura 43: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 6 meses.

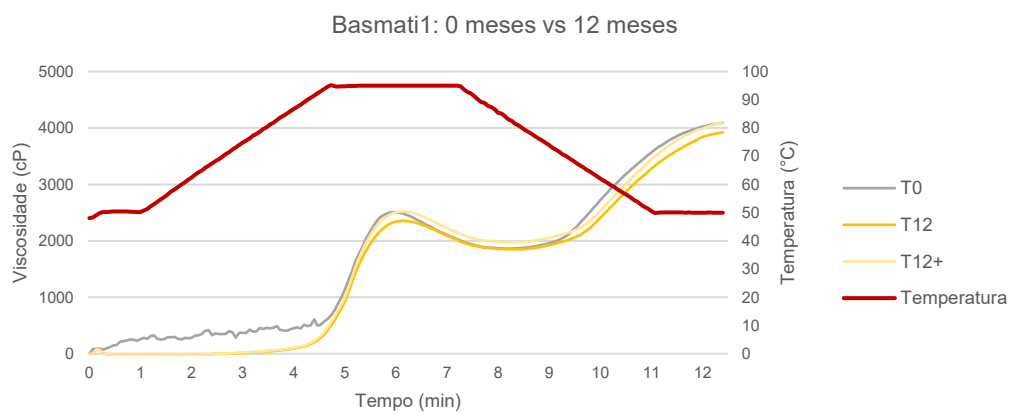


Figura 44: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 12 meses.

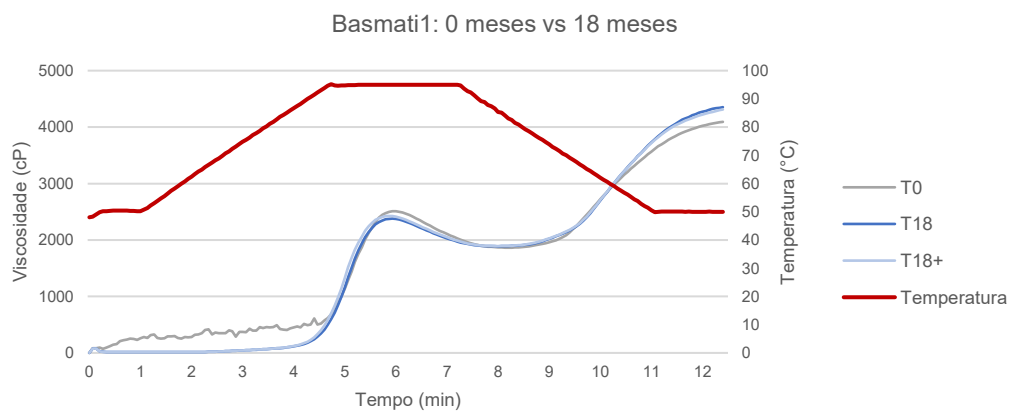


Figura 45: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 18 meses.

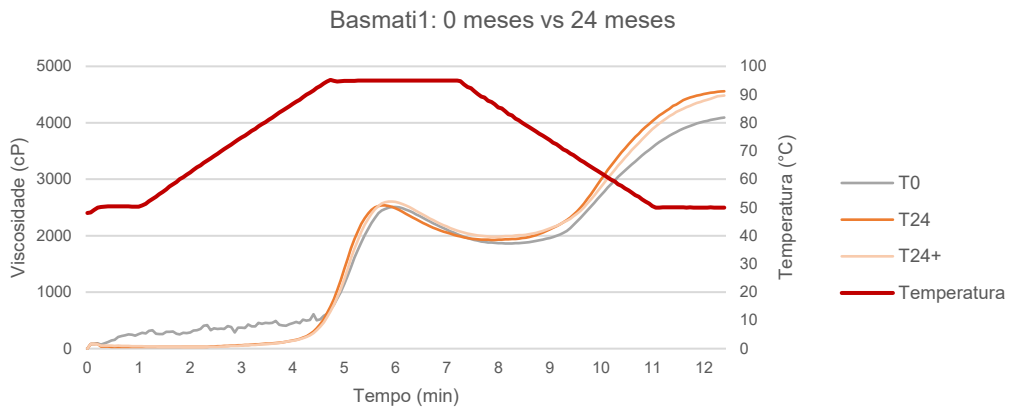


Figura 46: Perfis de viscosidade da amostra Basmati1: comparação entre 0 e 24 meses.

Basmati2

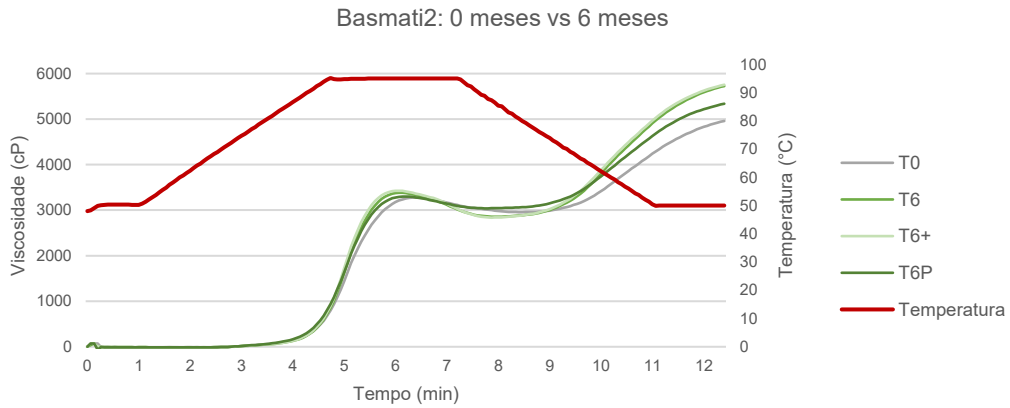


Figura 47: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 6 meses.

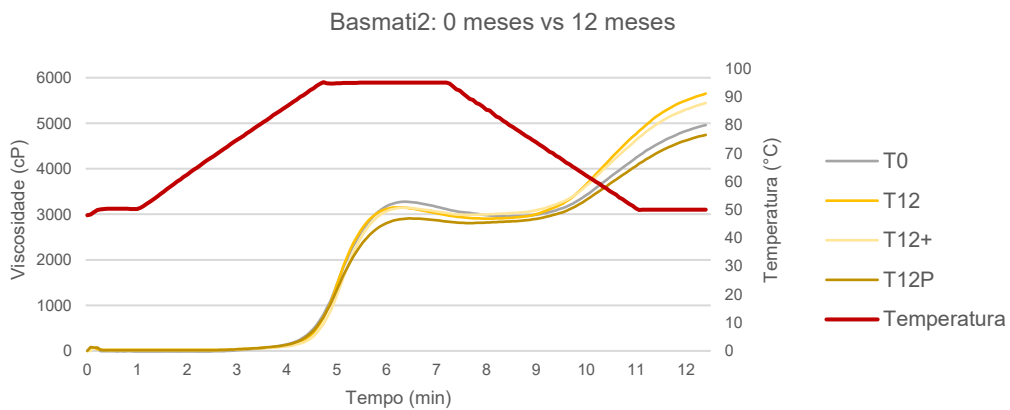


Figura 48: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 12 meses.

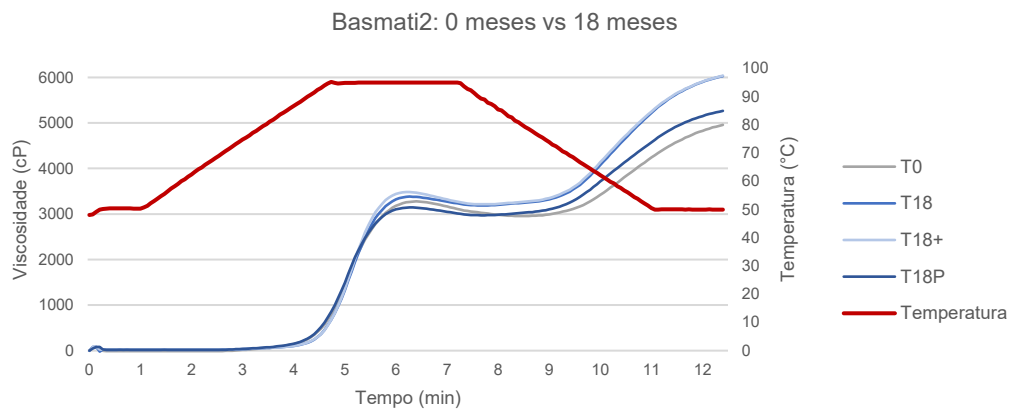


Figura 49: Perfis de viscosidade da amostra Basmati2: comparação entre 0 e 18 meses.

Apêndice F – Perfis de viscosidade das amostras Jasmin1 e Jasmin2 nos vários tempos e modos de armazenamento

Jasmin1

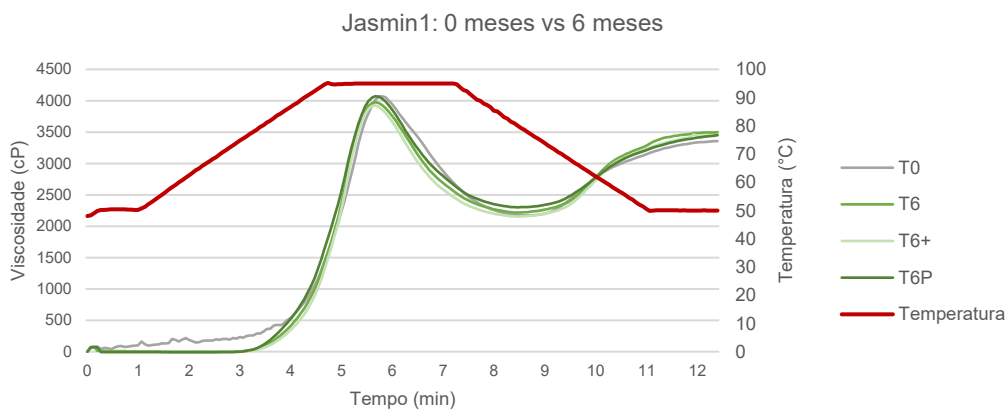


Figura 50: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 6 meses.

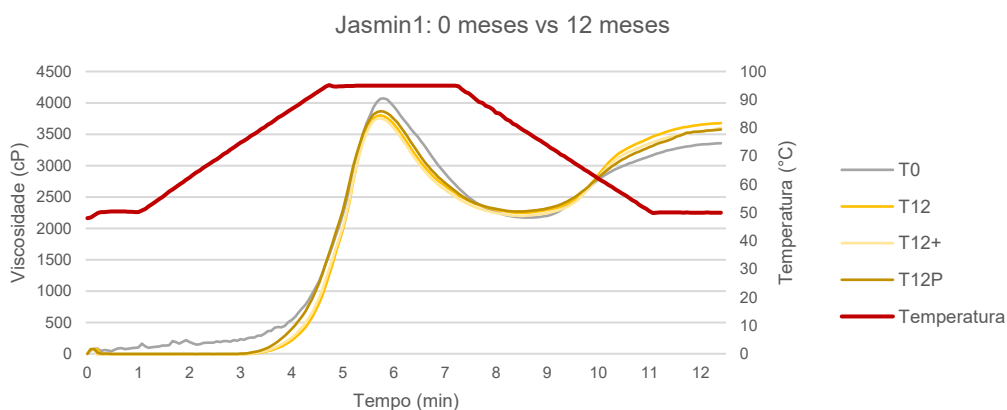


Figura 51: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 12 meses.

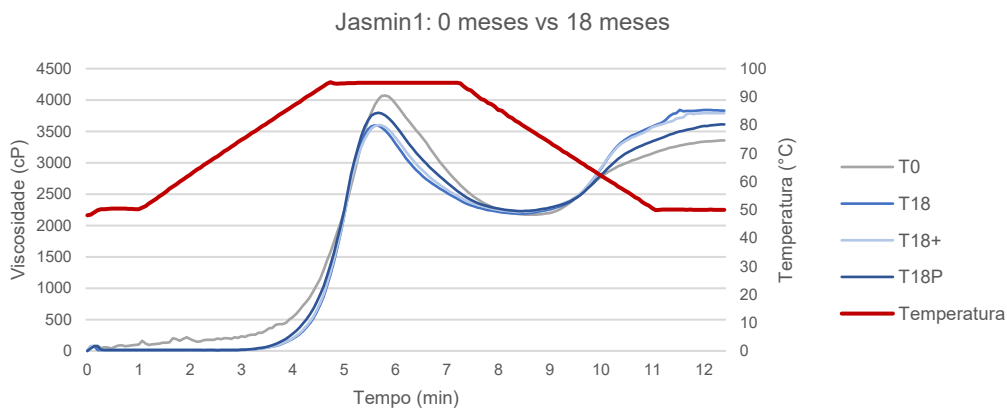


Figura 52: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 18 meses.

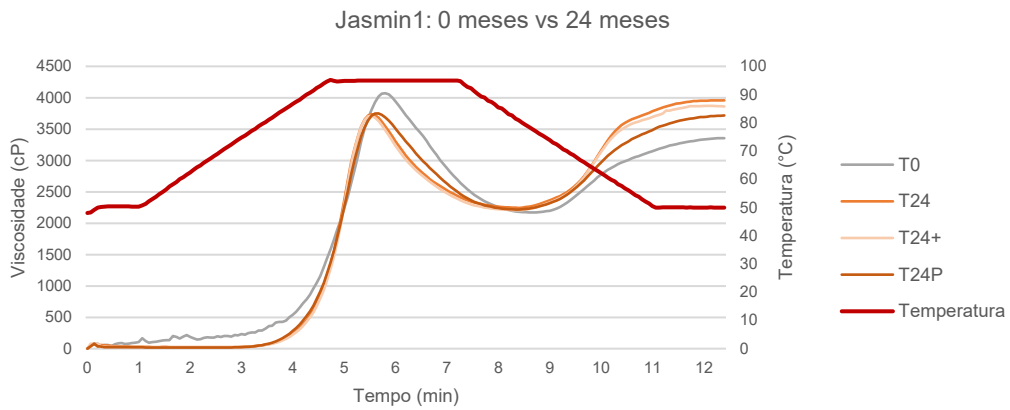


Figura 53: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin1: comparação entre 0 e 24 meses.

Jasmin2

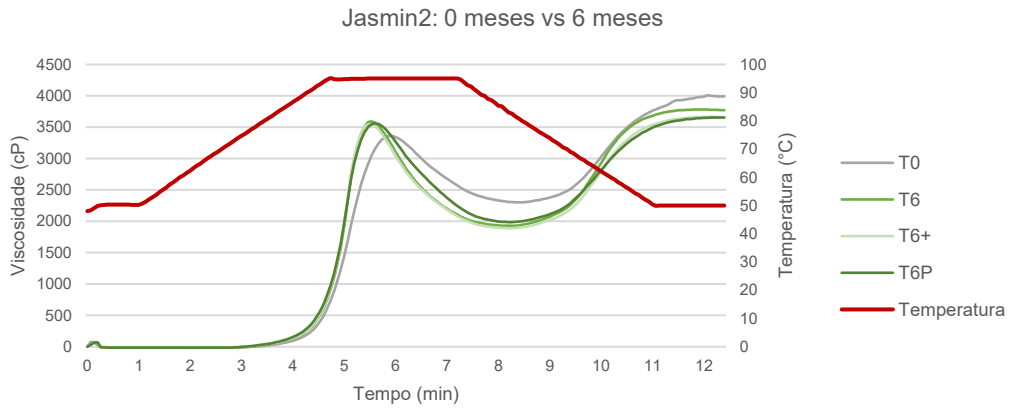


Figura 54: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 6 meses.

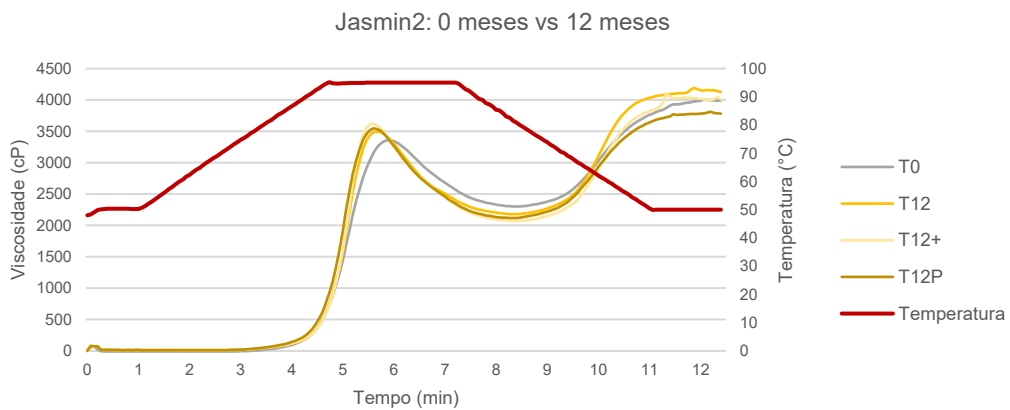


Figura 55: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 12 meses.

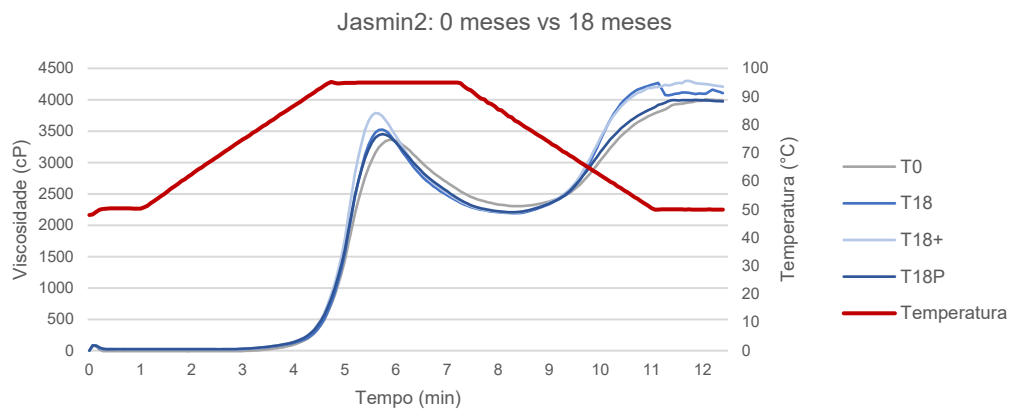


Figura 56: Perfis de viscosidade da amostra Jasmin2: comparação entre 0 e 18 meses.

Apêndice G – Perfis de viscosidade das amostras Agulha1, Agulha2, Agulha3P e Agulha3C nos vários tempos e modos de armazenamento

Agulha1

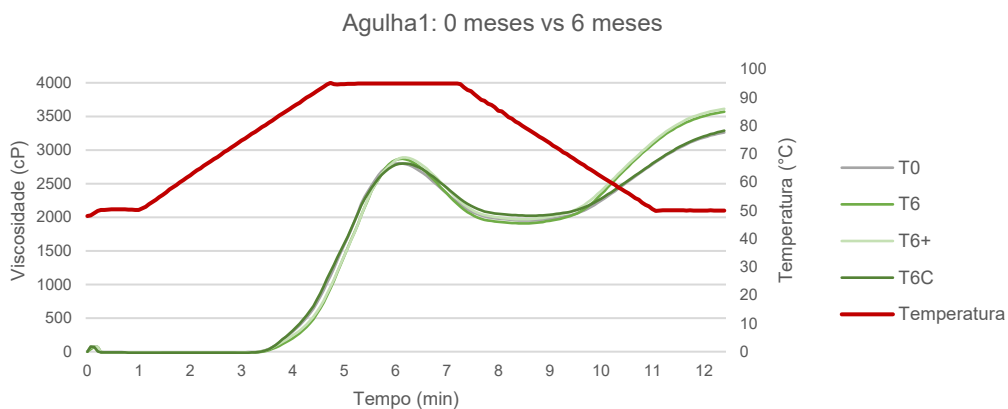


Figura 57: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 6 meses.

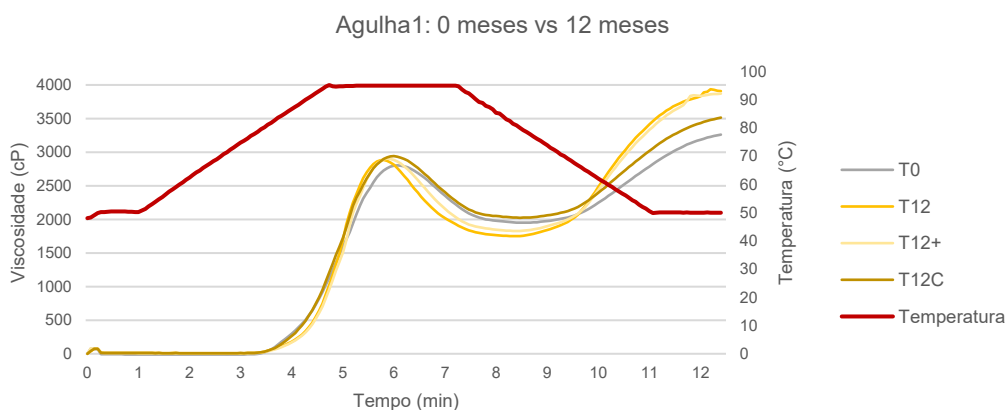


Figura 58: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 12 meses.

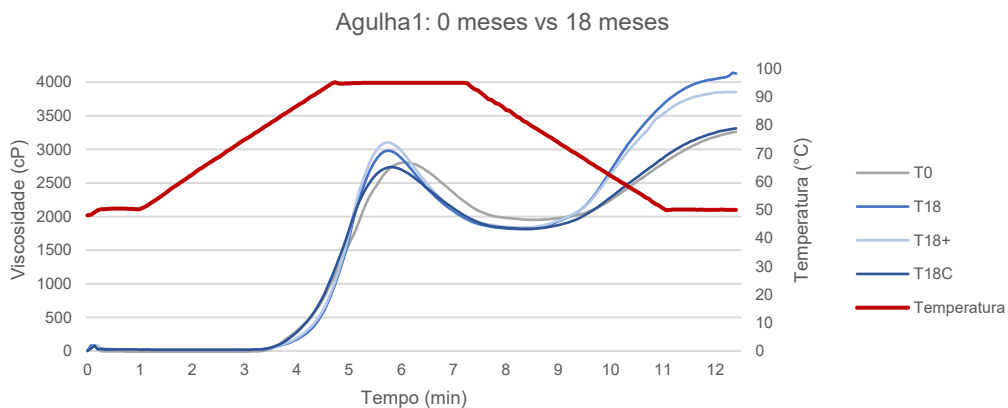


Figura 59: Perfis de viscosidade da amostra Agulha1: comparação entre 0 e 18 meses.

Agulha2

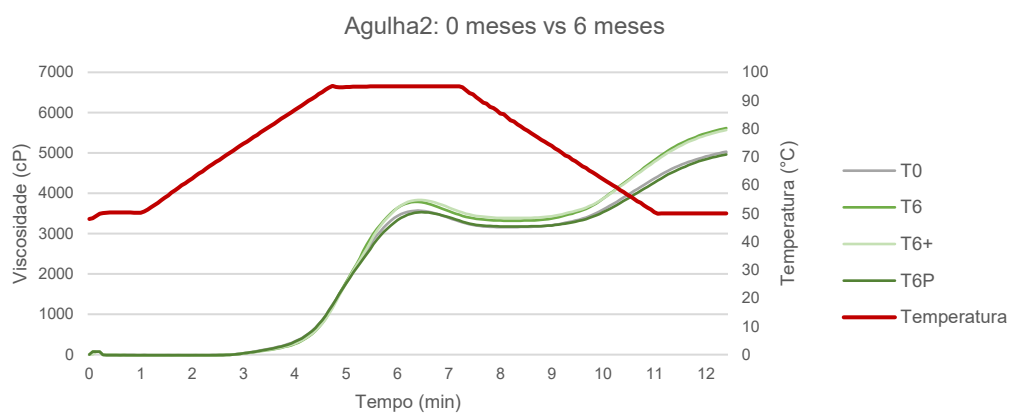


Figura 60: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 6 meses.

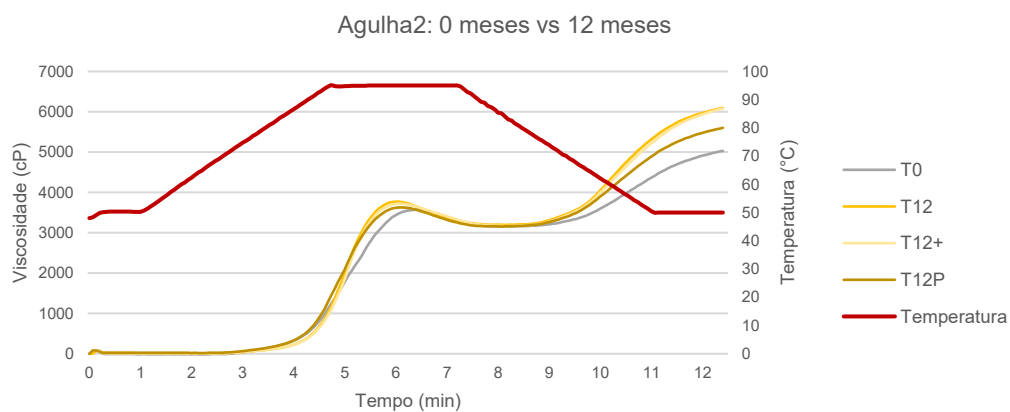


Figura 61: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 12 meses.

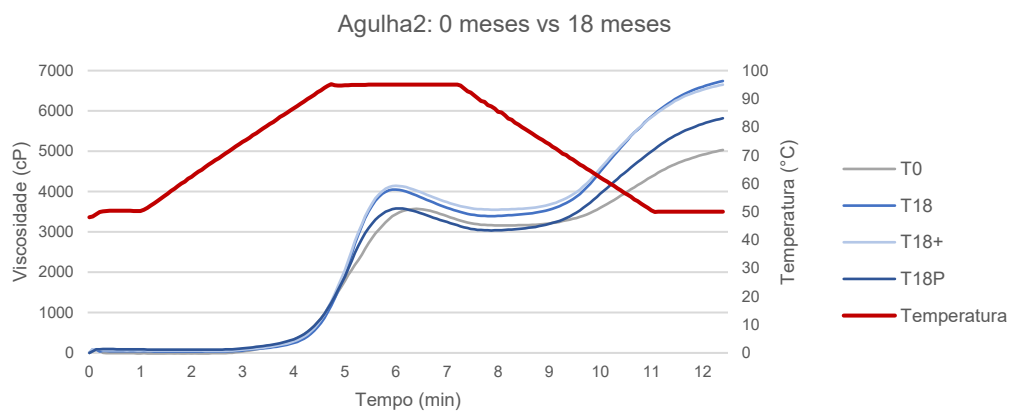


Figura 62: Perfis de viscosidade da amostra Agulha2: comparação entre 0 e 18 meses.

Agulha3P

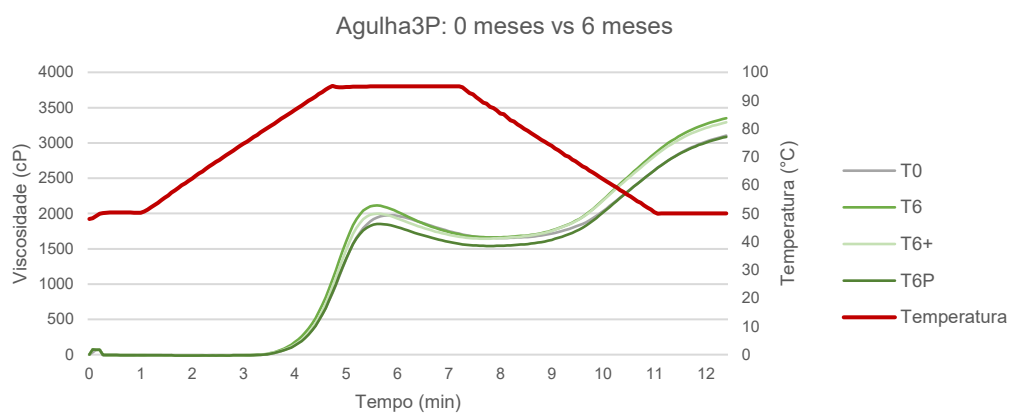


Figura 63: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 6 meses.

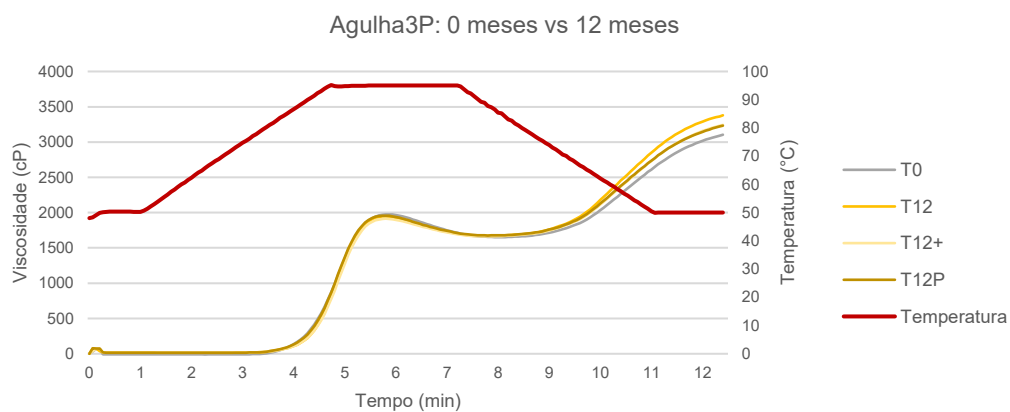


Figura 64: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 12 meses.

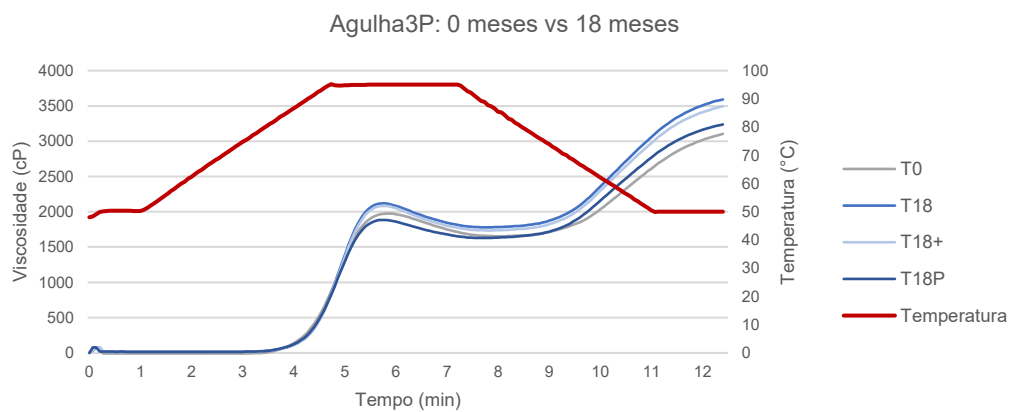


Figura 65: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3P: comparação entre 0 e 18 meses.

Agulha3C

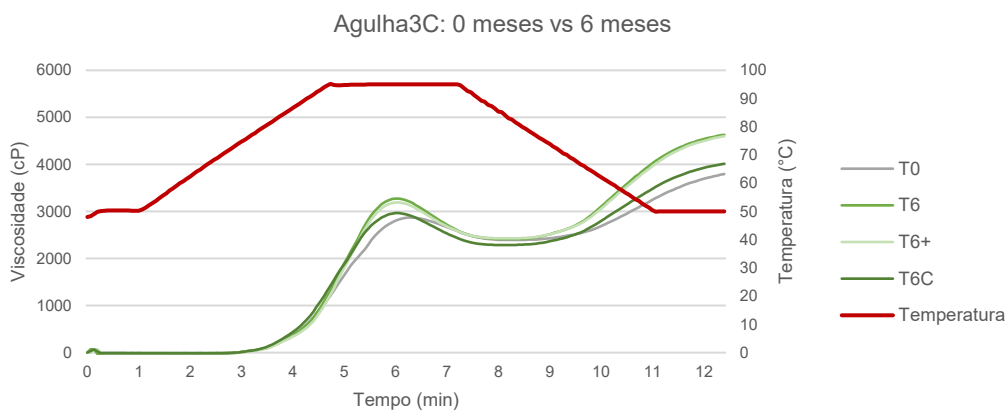


Figura 66: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 6 meses.

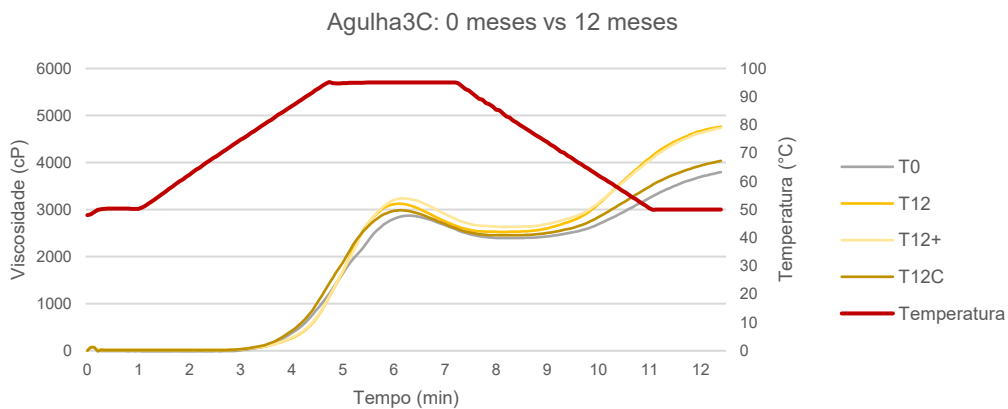


Figura 67: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 12 meses.

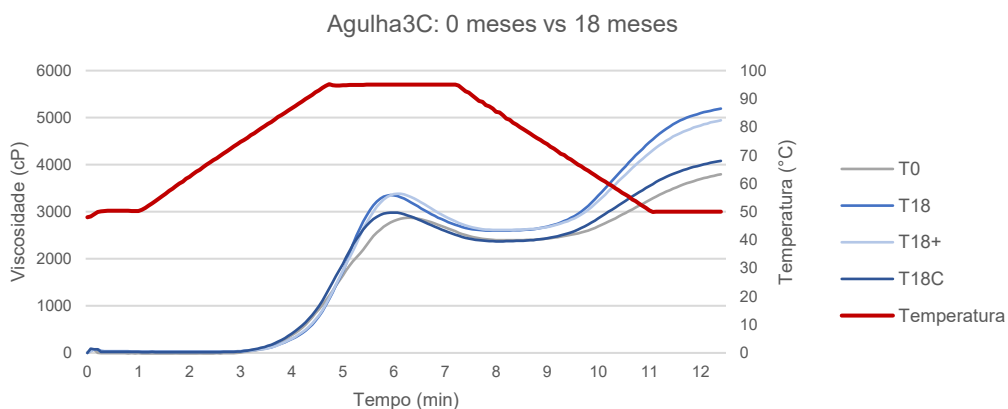


Figura 68: Perfis de viscosidade da amostra Agulha3C: comparação entre 0 e 18 meses.

Apêndice H – Perfis de viscosidade das amostras Carolino1 e Carolino2 nos vários tempos e modos de armazenamento

Carolino1

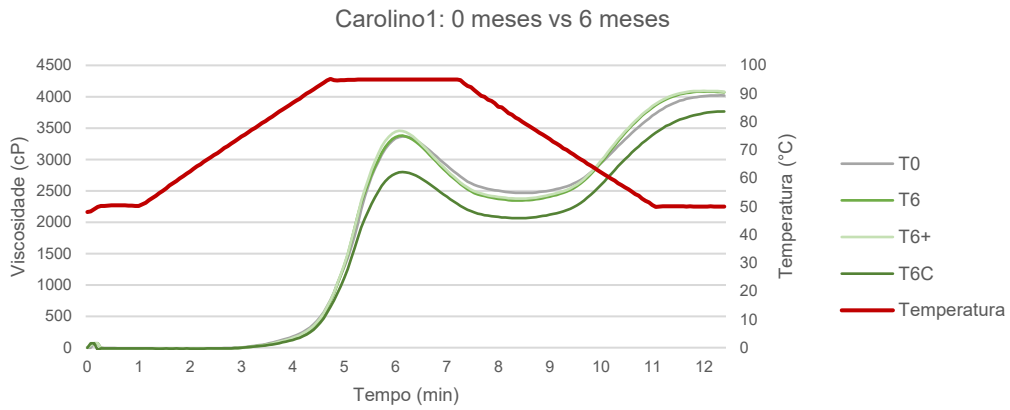


Figura 69: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 6 meses.

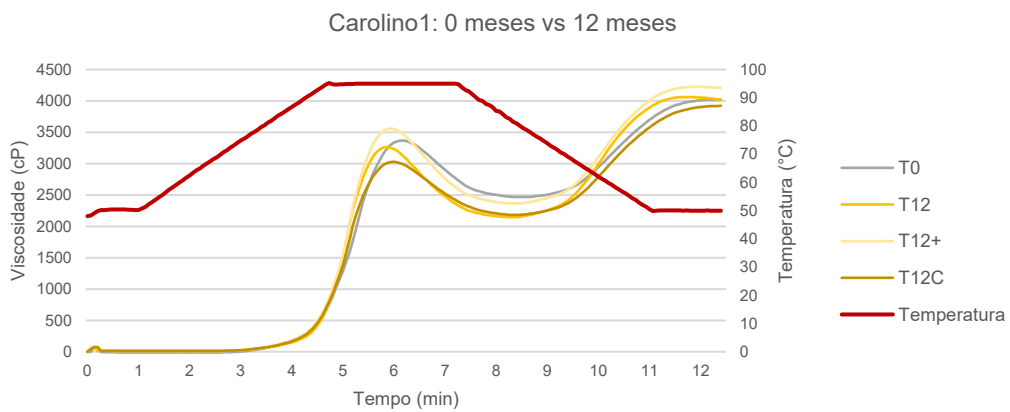


Figura 70: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 12 meses.

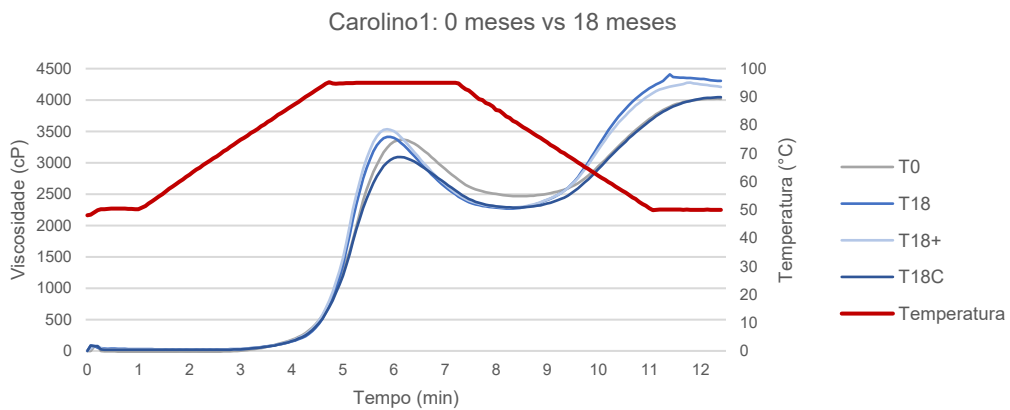


Figura 71: Perfis de viscosidade da amostra Carolino1: comparação entre 0 e 18 meses.

Carolino2

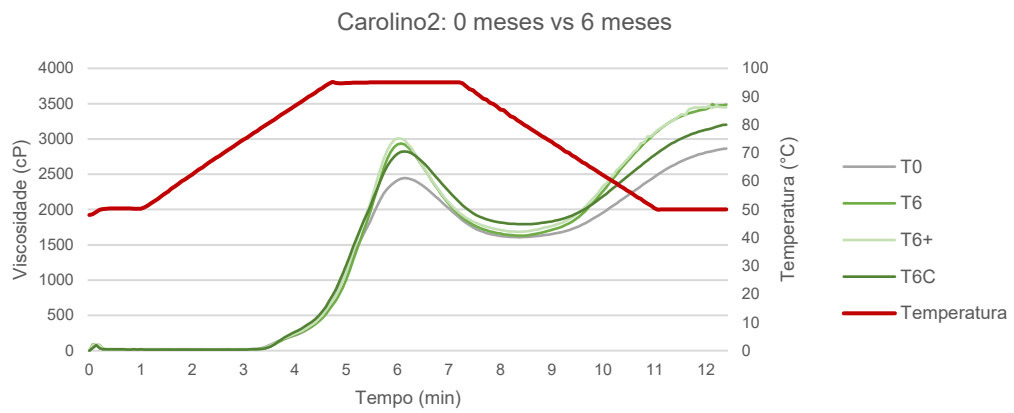


Figura 72: Perfis de viscosidade da amostra Carolino2: comparação entre 0 e 6 meses.

Apêndice I – Perfis de viscosidade da amostra Médio nos vários tempos e modos de armazenamento

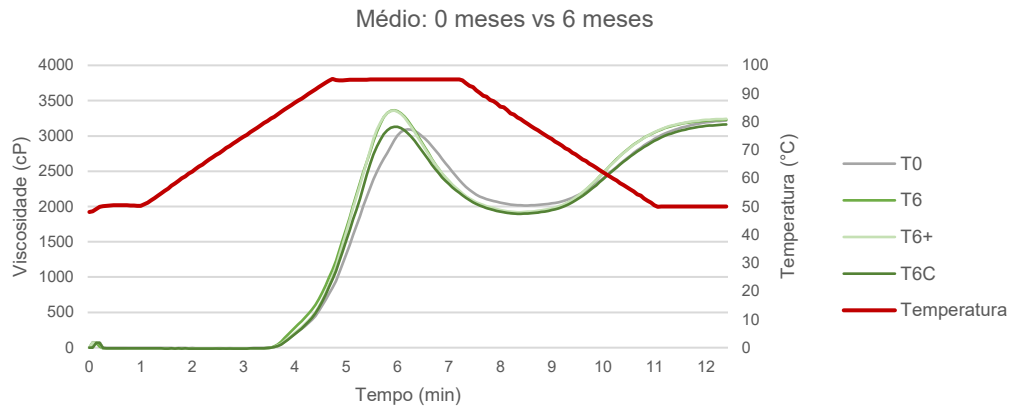


Figura 73: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 6 meses.

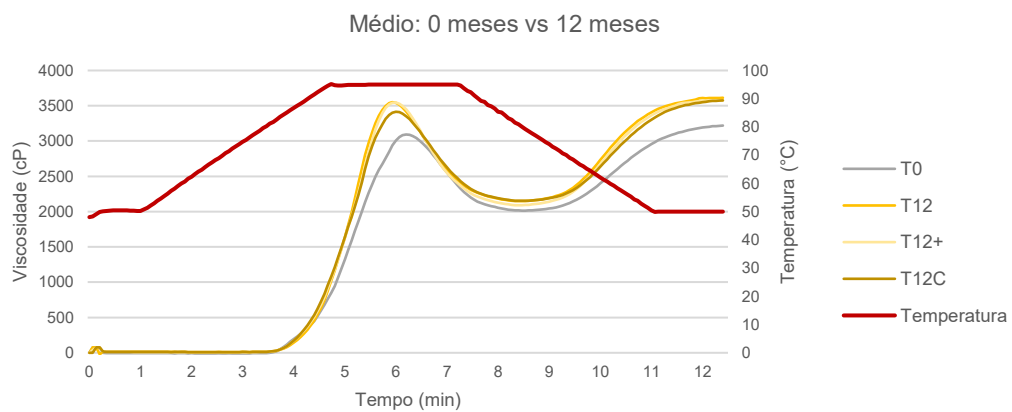


Figura 74: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 12 meses.

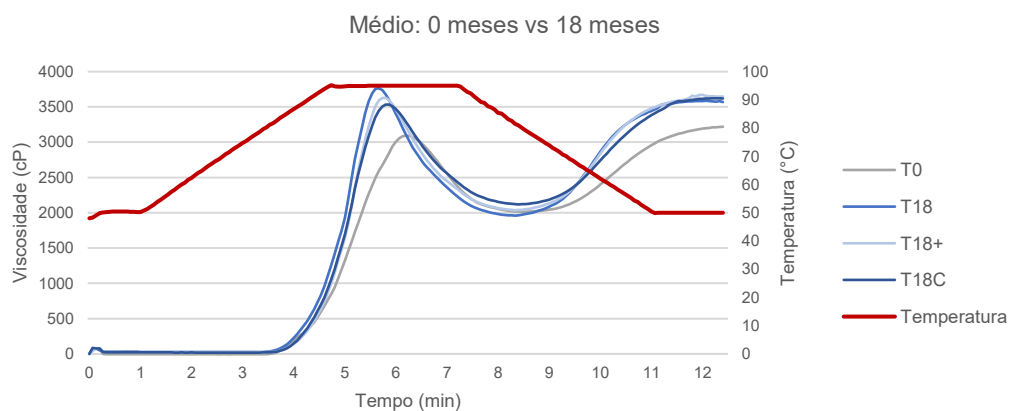


Figura 75: Perfis de viscosidade da amostra Médio: comparação entre 0 e 18 meses.