

Intensificação do Sistema de Culturas Forrageiras do Noroeste Atlântico de Portugal: Performance Agronómica e Económica da Sucessão Milho-Milho Encadeada com Cereais Imaturos de Outono Inverno

Manuel Celestino Gonçalves de Azevedo

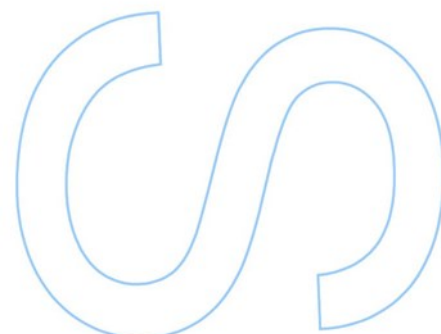
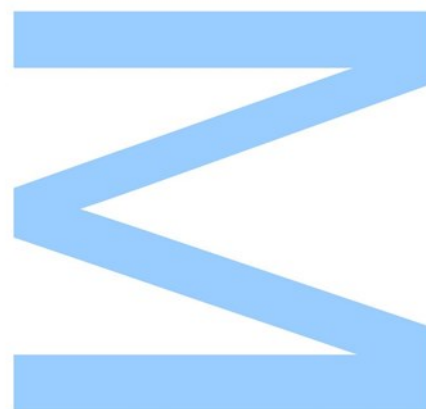
Mestrado em Engenharia Agronómica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

2023

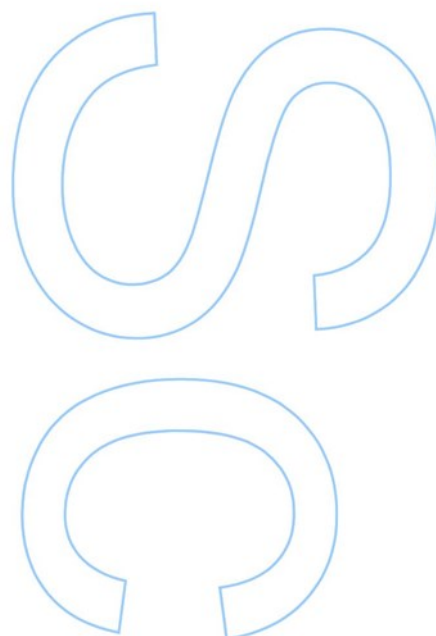
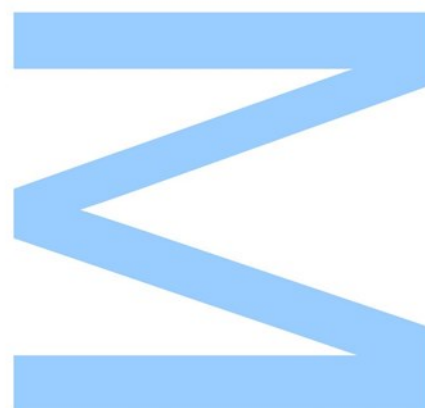
Orientador

Professor Doutor Mário Campos Cunha, Professor Associado, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto



FCUP

Intensificação do sistema de culturas forrageiras do noroeste Atlântico de Portugal: performance agronómica e económica da sucessão milho-milho encadeada com cereais imaturos de outono inverno



FCUP

Intensificação do sistema de culturas forrageiras do noroeste Atlântico de Portugal: performance agronómica e económica da sucessão milho-milho encadeada com cereais imaturos de outono inverno

DEDICATÓRIA

À minha família.

À minha avó, Palmira que estaria muito orgulhosa do seu neto que sempre o incentivou a estudar e a ser engenheiro.

Aos amigos que a Universidade do Porto me trouxe.

À minha namorada, Mónica, por toda a paciência do mundo e por toda a ajuda que me deu.

Por toda a amizade, ajuda, compreensão e apoio de todos.

Um muito sincero obrigado.

AGRADECIMENTOS

A longa jornada de mestrado que culminou neste trabalho foi repleta de entreajuda e amizades. Por esse motivo, quero agradecer desde já, a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso.

Primeiramente, quero agradecer ao principal pilar que tornou este trabalho possível. O meu orientador, professor Mário Manuel de Miranda Furtado Campos Cunha que desde o início sempre me apoiou e motivou perante os diversos obstáculos que apareceram. Desde a ideia ao planeamento do trabalho sempre se mostrou disponível para ajudar e com soluções para resolver todas as adversidades. Muito obrigado por tudo.

A minha família foi outros dos pilares deste trabalho apoiando-me com motivação, compreensão e infraestrutura. Pois, desde a parcela até às máquinas sempre se mostraram disponíveis para me ajudar.

O último pilar deste trabalho foi a minha namorada, Mónica Maria Gomes Freitas, “aspirante a veterinária” que sempre me apoiou no trabalho de campo e nunca me deixou desistir dos meus objetivos. Agradeço do fundo do meu coração.

Por fim e não menos importantes, quero agradecer a todos os que contribuíram para este estudo, mas em especial aos engenheiros Joaquim Teixeira e Sofia Oliveira que me apoiaram na condução da cultura do milho.

RESUMO

Este estudo enquadra-se na região do Entre Douro e Minho, onde a produção de forragem para o gado bovino de leite tem relevância agronómica, socioeconómica e agroambiental. Concretamente, o milho forragem apresenta um alto valor nutricional e é a forragem de eleição para a alimentação de bovinos leiteiros. Nesse sentido, este trabalho pretende apresentar uma alternativa ao sistema convencional de culturas forrageiras onde o milho é apenas cultivado uma única vez por ano. Esta monocultura produtiva não permite aproveitar os verões mais longos e invernos mais curtos que as alterações climáticas nos trazem. Por isso, este trabalho propõe intensificar esta cultura do milho, duplicando o seu cultivo anual, desde finais de março até finais de outubro, permitindo um uso produtivo da terra 235 dias por ano e não apenas 110 dias por ano com utiliza o sistema convencional. Assim, foi implementada a sucessão milho-milho encadeada com cereais imaturos (CMM) e a sucessão milho-milho encadeada com azevém (AMM) que foi comparada com o sistema convencional da região baseada na sucessão milho-avevém (AM). A cultura de milho da modalidade AM (FAO 500) foi semeada a uma densidade de 90 000 plantas/ha e as modalidades AMM e CMM (FAO 300) foram semeadas a uma densidade de 100 000 plantas/ha. As datas de sementeira das modalidades AMM e CMM foram 30 de março e 25 de julho para a primeira e segunda sementeira, respetivamente. Para a modalidade AM a sementeira foi realizada a 11 de maio. O controlo de infestantes foi realizado por via química no DAS 20 e por via mecânica no estágio fenológico V6 em todas as modalidades. O tratamento via química contribuiu para uma redução significativa quantidade quer de plantas quer de espécies de infestantes. A rega foi realizada com recurso ao sistema de gota a gota com débito de 1L/h associado a uma motobomba de 10cv. Os consumos de água foram menores nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1 (607 143 L/ha) do que nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2 (1 546 825 L/ha) e AM (1 995 238 L/ha). A produção de MV na modalidade AM foi de 72,77 ton/ha. Na modalidade AMM, a primeira e segunda cultura produziram, respetivamente 43,73 e 34,77 ton/ha. Na modalidade CMM, a primeira e segunda culturas produziram 53,77 e 38,56 ton/ha, respetivamente. A qualidade da forragem obtida diferiu entre modalidades, nomeadamente no teor em amido, onde nas modalidades AM, AMM_C1 e CMM_C1 variou entre os 35 e 38 (%MS) e nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2 foi de 31,5 (%MS). A maior eficiência económica (€/ton produzida) foi obtidas na modalidade AM, no entanto, a maior eficiência ecológica, nomeadamente uso de água (L/kg produzido) foi obtida na modalidade CMM.

Palavras-chave: Produtividade do milho; Produtividade da terra; Alimentação animal; Silagem de milho;

ABSTRACT

This study fits the northwest Atlantic region of Portugal, Entre-Douro-e-Minho, where the forage production for dairy cattle feeding has a huge importance. More specifically forage maize has high nutritional value and, for that reason, is the most used forage to feed dairy cattle. For that matter, this study intends to present an alternative to the most conventional maize crop in which maize is only cropped once a year. This productive monoculture doesn't allow to take advantage of the long summer season and short winter season that climate changes have been causing lately. This study suggests intensifying maize crops until duplicating the annual production, since the end of March and until the end of October, allowing the productive use of the soils for 235 days a year, and not only 110 days a year has the conventional maize crop. Thereby, it was implemented a maize-maize chained with immature cereals (CMM) sequence and a maize-maize chained with ryegrass (AMM), which was compared with the conventional maize crop of the region based on maize-ryegrass (AM). The AM crop (FAO 500) was cultivated with 90000 plants/ha denseness and AMM and CMM crops (FAO 300) were cultivated with 100000 plants/ha. Cultivation dates of both AMM and CMM crops were March 30th and June 25th, respectively. AM crop was cultivated by May 11th. The weed control was carried out chemically at DAS 20 mechanically at the phenological stage V6 in every modality. Chemical treatment contributed to a significant reduction of the number of plants and weed species. Irrigation was carried out using a drip system with a flow rate of 1L/h associated with a 10hp motor pump. Water consumption was lower in the AMM_C1 and CMM_C1 (607,143 L/ha) crops than in the AMM_C2 and CMM_C2 (1,546,825 L/ha) and AM (1,995,238 L/ha) crops. The green matter production in the AM crop was 72,77 tons/ha. In the AMM crop, the first and second crops produced, respectively, 43,73 and 34,77 tons/ha. In the CMM crop, the first and second crops produced 53,77 and 38,56 tons/ha, respectively. The quality of the forage obtained differed between modalities, namely in the starch content, where in the AM, AMM_C1 and CMM_C1 modalities it varied between 35 and 38 (%DM) and in the AMM_C2 and CMM_C2 modalities it was 31,5 (%DM). The highest economic efficiency (€/tons produced) was obtained in the AM modality, however, the highest ecological efficiency, namely water use (L/kg produced) was obtained in the CMM modality.

Keywords: Maize productivity; Soil productivity; Animal feed; Corn silage.

ÍNDICE

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE.....	4
1. Cultura do Milho	4
1.1 Cultura do milho em Portugal e no mundo	4
1.2 Características morfológicas e fisiológicas	4
1.3 Exigências ambientais e fatores de produção da cultura	5
1.4 Principais Infestantes e pragas da cultura	5
1.5 Estádios fenológicos	7
1.6 Efeito da Data de Sementeira no Milho	8
2. Região do EDM, Desafios e Oportunidades para o sistema forrageiro	9
2.1 Sistema de culturas associado à agropecuária	9
2.2 Alterações climáticas.....	10
2.3 Sistema de cultura intensivo de cultura tripla de cereais forrageiros	10
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS	12
1. Caracterização e localização da Exploração Agrícola.....	12
2. Descrição e implementação da experiência.....	13
3.1 Modalidades e delineamento experimental	13
3.2 Operações Agronómicas	15
3.2.1 Preparação do solo	15
3.2.2 Instalação da cultura do milho.....	16
3.2.3 Controlo de pragas, infestantes e doenças	20
3.2.4 Rega	22
3.2.5 Colheita.....	22
3.3 Medições no solo e na planta	23
3.3.1 Tensão de retenção de água no solo	23
3.1.2 Teor de Clorofilas.....	23
3.1.3 Altura da planta.....	24
3.1.4 Estádios fenológicos	24

3.2	Estimativa de Custos e operabilidade das modalidades.....	24
CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		25
1.	Temperatura do solo	25
2.	Infestantes	25
3.	Teor de Clorofilas.....	26
4.	Altura da Planta e Estádios Fenológicos	28
5.	Rega	30
6.	Produtividade e qualidade do milho.....	32
7.	Análise económica	35
8.	Discussão	38
CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO		41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		42
ANEXOS		45
Anexo 1.....		45
Anexo 2.....		47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama ombrotérmico. Dados meteorológicos da estação meteorológica de Pedras Rubras.	12
Figura 2 - Cultura outono inverno (azevém, AM e AMM; triticales, CMM) instalada. novembro 2023	13
Figura 3- Modelo Blocos divididos, com 3 repetições.	14
Figura 4 – Sementeira de Inverno.	15
Figura 5 – Medição da temperatura do solo a diferentes profundidades. 10, 20, 30 e 40 cm.	18
Figura 6 – Aplicação do herbicida nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1.	21
Figura 7 - Evolução temporal da temperatura do solo a diferentes profundidades.....	25
Figura 8 - Evolução temporal da densidade de infestantes nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. linhas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).	26
Figura 9 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade AMM.	27
Figura 10 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade CMM.	27
Figura 11 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade AM.	28
Figura 12 – Evolução do crescimento das plantas de milho nas diferentes modalidades. AM, AMM e CMM.	29
Figura 13 – Registo fotográfico de alguns estádios fenológicos do milho observados ao longo do ensaio.....	29
Figura 14 – Registo da Tensão de retenção de água no solo nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho, CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho, PE Ponto de Emurchecimento e CC Capacidade de Campo. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente.....	31
Figura 15. Comparação da produtividade de milho nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente. Barra vertical representa o desvio padrão.	

Colunas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).....	33
Figura 16. Comparação da produtividade das espigas nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente. Barra vertical representa o desvio padrão. Colunas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).....	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Estádios fenológicos da cultura do milho. Fase vegetativa e reprodutiva.	7
Tabela 2 - Tempos de trabalho e custos da preparação do solo em cada uma das modalidades de sucessão de culturas testadas.	16
Tabela 3 - Resultados da análise de solo efetuada.	17
Tabela 4 - Planeamento da dose e dos custos da fertilização mineral e orgânica (Chorume) da cultura de milho nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.	18
Tabela 5 - Planeamento das sementeiras nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.....	20
Tabela 6 - Planeamento do controlo de infestantes nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.....	21
Tabela 7 - Planeamento da colheita nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.	22
Tabela 8 - Registo das regas efetuadas e respetivos custos nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.	30
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.....	35
Tabela 10 - Distribuição dos custos por operações de instalação e manutenção da cultura do milho nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.	36
Tabela 11 - Mapa de custos de produção por cultura de milho para as modalidades de sucessão de culturas estudadas.	36
Tabela 12 - Mapa de custos de produção indexados à produtividade e qualidade do milho para as modalidades de sucessão de culturas estudadas.....	37

ABREVIATURAS

AMM – Modalidade Azevém-Milho-Milho

CC – Capacidade de Campo;

CMM – Modalidade Cereal-Milho-Milho

DAS – Dias Após Sementeira;

ha – Hectare;

MS – Matéria Seca;

MV – Matéria Verde;

Pe – Ponto de Emurchecimento;

SAU – Superfície Agrícola Útil.

ton – Tonelada;

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, nos solos de elevada aptidão forrageira da região do noroeste Atlântico português desenvolveu-se um sistema de agropecuária bovina intensiva, especializada na produção de leite. Este sistema desenvolveu-se com base em duas culturas forrageiras anuais, o milho para silagem e uma cultura intercalar de Inverno constituída por uma ferrã (mistura de cereais praganosos e azevém) ou azevém estreme.

O milho (*Zea Mays, L.*) pertence à família Poaceae e é um dos cereais com maior importância a nível mundial. A comunidade científica concorda que a sua origem reside no continente americano, nomeadamente em Cueva Bat, San Agustín, Novo México (Alcântara, 2019).

Em Portugal, as potencialidades edafoclimáticas proporcionadas pelo posicionamento geográfico do noroeste Atlântico permitiram que a cultura do milho em conjunto com o regadio se instalassem. Segundo o IFAP, no ano de 2022, foram cultivados em Portugal 88 833 hectares (ha) de milho, sendo 58 397 ha para silagem e 30 436 ha para grão. A região Norte destaca-se como principal região produtora com 33 052 ha que representam mais de 37% de toda a área cultivada no continente português. Porém, devido à difícil situação que o setor leiteiro nacional atravessou, a área cultivada com milho diminuiu 2269 ha e 1584 ha na DRAP's do Norte e do Centro, respetivamente (Costa, 2023). No ano 2022, a produtividade do milho forrageiro a nível nacional foi de 45,1 ton/há (massa verde, MV). Todavia, na região Norte a produtividade do milho forrageiro é próxima das 57 ton/ha (INE, 2023).

A produção de milho tem vindo a beneficiar de intensos estudos para aumentar a eficiência do seu sistema de cultura em que o melhoramento genético, a fertilização e a rega tem merecido especial destaque. Assim como a redução dos custos de produção, eletricidade, combustíveis e pesticidas (Costa, 2017). Todavia, a intensificação anual da cultura ainda não mereceu estudos relevantes que integrem todo o sistema de cultura, nomeadamente na região do Noroeste Atlântico de Portugal. A agricultura é continuamente posta à prova pelas alterações climáticas associadas à escassez de água e por isso, é essencial otimizar os recursos utilizados (Costa, 2023).

Nesta Região, a instalação da cultura do milho é principalmente efetuada segundo um sistema convencional baseado na instalação da cultura entre finais de abril e meados de maio, podendo variar no tempo em função da duração do ciclo das variedades utilizadas (FAO 200 até FAO 700) ou do tipo de solo. Em Portugal, as variedades mais utilizadas são as de ciclo médio a semi-tardio (FAO 500 – FAO 600), cuja duração do ciclo corresponde a, aproximadamente, 130 dias e a ocupação do solo com esta cultura tem a duração de aproximadamente 150 dias. Por outro lado, a cultura ferrã de outono-inverno é instalada em

finais de outubro, podendo o momento de sementeira variar em função da data de colheita do milho e das condições climáticas. Esta cultura de outono-inverno pode ser explorada em cortes múltiplos para consumo em verde ou para fenação ou ensilagem, sendo o último corte realizado no início da primavera (Coixão, 2018).

Quanto às exigências nutricionais das culturas são elevadas, concretamente, a adubação mineral azotada pode atingir entre 200 e 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ na cultura do milho e entre 40 e 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ na cultura de Inverno. Adicionalmente, a aplicação de chorume, suplementa o solo com azoto o qual pode representar uma adição extra de 140 a 500 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ repartido à instalação da cultura de milho e da cultura de Inverno embora, por vezes, algum chorume possa ser aplicado em cobertura (Barros da Costa, 2017).

A produção de silagem tem como principal objetivo conservar os nutrientes originais de qualquer forragem, permitindo que estes sejam uma fonte de alimentação para ruminantes ao longo de um ano inteiro. Concretamente, o milho forragem apresenta um alto valor nutricional e, por esse motivo, é a forragem mais utilizada na alimentação de bovinos leiteiros, podendo constituir entre 50 e 75% da dieta dos animais (Coixão, 2018). Nesse sentido, uma silagem de melhor qualidade pode permitir maximizar a capacidade de ingestão dos animais e cobrir grande parte das suas necessidades, enquanto uma silagem de menor qualidade pode dar origem à necessidade de complementar a forragem com mais concentrados de modo a suprir todas as necessidades dos animais. Uma silagem de qualidade assenta sobre dois pilares fundamentais: i) A energia, proveniente do amido e da fibra; ii) A digestibilidade das paredes celulares. O equilíbrio entre o amido e a digestibilidade das fibras promovem a saúde dos animais e promovem uma maior disponibilidade de energia, o que se materializa numa maior produtividade e rentabilidade da exploração agrícola (McDonald *et al.*, 2011)

A produção forrageira anual em termos de matéria seca, no milho silagem ultrapassa geralmente as 30 t ha⁻¹ e a da cultura de Inverno situa-se entre as 6 e 10 t ha⁻¹. Porém, a elevada produtividade dos animais torna estes alimentos incapazes de satisfazer as suas necessidades nutricionais, o que obriga à incorporação na dieta de alimentos concentrados em grande quantidade (Barros da Costa, 2017).

Não obstante, a elevada produtividade da terra e dos animais e da robustez do sistema cooperativo em que se enquadra este sistema forrageiro confronta-se atualmente com desafios a diferentes níveis, tais como: i) Elevado do custo dos fatores de produção com tendência para se agravar, já que são predominantemente importados; ii) Baixa autonomia forrageira e ainda a excessiva dependência de alimentos concentrados para a alimentação animal; iii) Problemas ambientais resultantes de um elevado encabeçamento, nomeadamente

a dificuldade para a utilização eficiente de chorumes; iv) Custos de utilização das máquinas, muito elevados, nomeadamente os elevados custos fixos resultantes da baixa utilização anual.

Ao longo dos últimos anos a produção de milho tem vindo a beneficiar da racionalidade assimilada pela engenharia (melhoramento genético, fertilização, sistemas de rega) para aumentar a eficiência do seu sistema de cultura e responder a estes desafios. Todavia, são ainda poucos os estudos sobre a secular sucessão de culturas (milho – azevém). Estudos desenvolvidos na região demonstram que a cultura do azevém no sistema tradicional, embora possa ser relevante como cultura de cobertura do solo no outono inverno, tem pouca eficiência no plano forrageiro da exploração, nomeadamente quando explorado em vários cortes. Por outro lado, a cultura de milho no atual sistema, não permite explorar as potencialidades climáticas do final de verão e início do outono.

Considerando que as alternativas ao nível do design do sistema de culturas são praticamente inexistentes na região, neste trabalho entende-se que a intensificação do atual sistema de culturas poderá ser uma alternativa a estudar para dar resposta aos desafios do sector referidos anteriormente. Assim, este trabalho irá estudar a intensificação dos sistemas de culturas partindo dos seguintes pressupostos: i) os cenários climáticos apontam para a uma primavera mais precoce e verões mais prolongados que poderão ser explorados por gramíneas do tipo C4. Deste modo, a produtividade da água e da terra poderá aumentar e conferir benefícios ao nível da redução do uso de alimentos concentrados ii) a intensificação cultural permite uma melhor gestão dos chorumes e uma melhor eficiência do uso dos equipamentos.

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho da sucessão - milho-milho encadeada com cereais imaturos - em sistemas forrageiros intensivos da região do noroeste Atlântico português. O desempenho desta inovação tecnológica será comparado com o sistema tradicional da região, baseada na sucessão milho-azevém.

Quanto aos objetivos específicos, estes passaram por avaliar a produtividade e qualidade forrageira, a eficiência do uso dos fatores de produção (herbicidas, água e fertilização), a operabilidade dos equipamentos e a eficiência económica, incluindo o custo de utilização dos equipamentos.

CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE

1. Cultura do Milho

1.1 Cultura do milho em Portugal e no mundo

O milho é um cereal que contribui fortemente para a economia nacional e internacional. A nível mundial, o milho é o cereal com maior expressão, tendo sido produzidas 1212,93 milhões de toneladas no ano de 2022. Ao nível da Europa e de Portugal foram produzidas, respetivamente, 73,47 e 0,75 milhões de toneladas (Costa, 2023).

Ao longo dos anos, a agricultura de regadio permitiu explorar as potencialidades produtivas desta cultura e por isso domina a área cultivada com cereais no continente português, ocupando cerca de 36% dessa área (Costa, 2023). Em termos económicos, o milho grão representa, em Portugal, 130 milhões de euros e no caso da produção de leite 85 milhões de euros, já que a silagem de milho é a base da alimentação das vacas leiteiras (Souza, 2015).

Apesar do constante aumento da produção de milho em Portugal, esta garante apenas cerca de 35% do autoaprovisionamento e tem-se revelado insuficiente para satisfazer a crescente procura. Analisando os últimos 10 anos da cultura comprova-se que existe uma redução considerável da área cultivada (Agrogarante, 2022). No período de 2011 a 2020 ocorreu uma redução de 20,5% na área cultivada, passando de 181,4 mil hectares para 144,2 mil hectares, respetivamente. Concretamente, no caso do milho forrageiro a área cultivada diminuiu 12,6% e no caso do milho em grão, houve uma redução mais significativa da área agrícola, 27%. É ainda de referir que a produção de milho forrageiro é mais expressiva nas regiões do Entre Douro e Minho e Açores e a produção de milho grão nas regiões do Ribatejo-Oeste e Beira Litoral (Leme da Silva et al., 2021).

1.2 Características morfológicas e fisiológicas

A cultura do milho (*Zea mays L.*) apresenta uma ampla diversidade genética, o que possibilita a criação de uma enorme quantidade de variedades híbridas, capazes de se adaptar a condições edafoclimáticas muito dispare (Coixão, 2018).

Botanicamente, trata-se de uma espécie da família *Poaceae* (Gramíneas), originária do continente Sul Americano (Coixão, 2018). É uma planta capaz de atingir os três metros e meio de altura, altura essa, suportada por um extenso sistema radicular fasciculado composto pelas raízes seminais e pelas adventícias (Freitas, 2019). Por sua vez, o caule é descrito como sendo um colmo meduloso e ereto, capaz de desenvolver até 16 nós (Paes, 2012). Quanto

às folhas, estas poderão surgir em número variável, dependendo da variedade, sendo que o número esperado está entre 17 e 23 (Coixão, 2018). Caracteristicamente, são largas, compridas, lanceoladas, com bainha longa e bodos ásperos (Freitas, 2019).

Segundo Freitas (2019) o milho é uma planta monoica de polinização cruzada. Este autor afirma que a inflorescência masculina surge na extremidade superior do caule, esta é uma panícula que contém duas espiguetas, que por sua vez, têm duas flores, uma estéril e outra fértil. Já a inflorescência feminina trata-se de uma espiga de espiguetas unifloras (maçaroca). Esta pode surgir nas axilas das folhas, geralmente, entre o sexto e o oitavo nós e está envolvida por brácteas (Freitas, 2019). Posteriormente, é pela extremidade desta “Camisa” que emergem os estiletes (Barbas). Quanto ao fruto, este é uma cariopse indeiscente, constituída por três partes, o embrião, o pericarpo e o endosperma (Shenga, 2019).

1.3 Exigências ambientais e fatores de produção da cultura

O clima ideal para a cultura do milho varia entre o temperado e o tropical, com temperaturas médias diárias acima de 15°C e sem ocorrência de geadas. A cultura do milho responde com uma maior produção de matéria seca e um maior rendimento de grão a uma temperatura compreendida entre temperaturas compreendidas entre os 18°C e os 21 °C. Já em casos de temperatura demasiado elevada (até 38°C) verifica-se um rápido desenvolvimento fisiológico da planta, o que conduz à diminuição do tempo de enchimento dos grãos e à queda de rendimento da cultura. Para além disso, acima da temperatura de 38°C, as relações “Source and Sink” das plantas ficam desreguladas e também se verificam quebras de rendimento (Shenga, 2019).

A disponibilidade de água é um fator preponderante para a condução da cultura do milho sendo necessários, em média, entre 500 e 800 mm para que se atinja o ponto ideal de colheita (Shenga, 2019). É fundamental garantir as necessidades hídricas da cultura nos pontos críticos seguintes: i) Aquando da iniciação floral, pois é quando é determinado o número potencial de grãos; ii) Aquando da polinização, pois é importantíssimo manter a humidade do solo em condições ótimas, de modo o grão de pólen seja viável pelo máximo de tempo possível e a que a fecundação ocorra sem problemas; iii) Aquando o enchimento dos grãos, pois é quando aumenta a deposição de matéria seca e existe a necessidade de uma taxa fotossintética mais elevada (Magalhães & Durães, 2006).

1.4 Principais Infestantes e pragas da cultura

O crescimento de infestantes durante o arranque da cultura do milho é um dos principais problemas que impactam a produção, podendo provocar perdas de até 40%. O principal fator

que dá origem a estas perdas é a competição por recursos como a água, a luz e nutrientes. Geralmente, as culturas são especialmente sensíveis à competição com infestantes durante as primeiras fases do seu desenvolvimento vegetal. Esta sensibilidade deve-se à necessidade das plantas de milho se sobreporem às infestantes. A adoção de uma estratégia de crescimento acelerado por parte das plantas de milho leva a um gasto excessivo de recursos energéticos que seriam necessários para um crescimento mais equilibrado (Syngenta, 2021).

As principais infestantes que afetam a cultura do milho subdividem-se em dois grupos, consoante as características do seu órgão foliar. Podem ser classificadas de Infestantes de Folha Larga ou de Infestantes de Folha Estreita. Algumas das mais comuns de encontrar nas parcelas são: i) Catassol (*Chenopodium album*); ii) Figueira do Inferno (*Datura stramonium*); iii) Sorgo (*Sorghum halepense*); iv) Milhã-digitada (*Digitaria sanguinalis*); v) Milhã-pé-de-galo (*Echinochloa crus-galli*); vi) Junça (*Cyperus rotundus*) (Syngenta, 2021).

O aparecimento de pragas durante o ciclo cultural do milho é também uma das principais causas para perdas de produção. Algumas das pragas capitais do milho são a Broca, a Pirale, a Rosca e o Alfinete (Recasens & Conesa, 2021).

A Broca (*Sesamia nonagrioides* Lef.) é um inseto que ataca plantas jovens provocando a morte das folhas centrais. Quando as plantas são atacadas as larvas escavam galerias no interior do colmo. Essas galerias levam a que as folhas murchem e as plantas acabam por partir. As espigas também podem ser atacadas e quando atacadas, ocorre a destruição quantitativa e qualitativa do milho (Moreira, 2018).

A Pirale (*Ostrinia nubilalis* Hubner) é um inseto que nos últimos instares a larva aloja-se no caule ou na espiga. A atividade das larvas provoca o enfraquecimento das plantas e a quebra do pedúnculo das espigas, o que dificulta a colheita mecânica e leva a perdas significativas de biomassa (Moreira, 2018).

As Roscas (*Agrotis* sp.), nomeadamente a *Agrotis ipsilon* é uma das espécies que causa estragos no milho. As larvas alimentam-se essencialmente das folhas, levando ao emurchecimento da planta e consequente morte. É ainda de referir que uma só larva pode devastar várias plantas em volta e que o nível de ataque depende das condições climáticas, pois influenciam as migrações e a viabilidade dos ovos (Moreira, 2018).

O Alfinete (*Agriotes* sp.) é um inseto que ataca plantas jovens desde a germinação até um período mais avançado. As larvas perfuram o colo da planta para se alimentar e provocam o amarelecimento da folha terminal da planta até esta ficar murcha e seca. É ainda de referir

que em solos húmidos as larvas ficam imobilizadas e em solos secos têm uma atividade mais intensa provocando maiores prejuízos (Moreira, 2018).

1.5 Estádios fenológicos

Na identificação dos estádios fenológicos são consideradas as diferentes nomenclaturas descritas na tabela 1. Esta nomenclatura tem por base os estádios: vegetativo (V) e reprodutivo (R). Os estádios vegetativos são designados de V1, V2, V3 até V(n). Sendo (n) o número da última folha emitida antes do aparecimento da bandeira (VT). É ainda de referir que a folha é considerada completamente desenvolvida se for visível um colar amarelo na inserção da bainha da folha com o colmo (Magalhães & Durães, 2006).

Tabela 1 - Estádios fenológicos da cultura do milho. Fase vegetativa e reprodutiva.

Vegetativo	Reprodutivo
VE, Germinação e Emergência	R1, Polinização
V1, 1ª Folha desenvolvida	R2, Grão aquoso
V2, 2ª Folha desenvolvida	R3, Grão Leitoso
V3, 3ª Folha desenvolvida	R4, Grão Pastoso
V(n), nª Folha desenvolvida	R5, Formação de dente
VT, Surge a bandeira	R6, Maturação Fisiológica

O estágio V6, ocorre quando são visíveis seis folhas completamente desenvolvidas e o ponto de crescimento encontra-se acima da superfície do solo (Magalhães & Durães, 2006). O estágio VT, ocorre quando é visível o pendão por completo, mas as “barbas” da espiga ainda não emergiram (Magalhães & Durães, 2006). Normalmente, o aparecimento da bandeira antecede de dois a quatro dias a emergência dos estigmas (Magalhães & Durães, 2006). O estágio R1, ocorre quando os estigmas ficam visíveis fora das espigas e dá-se a polinização (Magalhães & Durães, 2006). O estágio R2, ocorre quando os grãos têm uma tonalidade branca e assemelham-se a uma bolha de água. Em cada um destes grãos o embrião desenvolve-se lentamente e ainda nesta fase são formados, dentro do grão, a radícula, a primeira folha embrionária e o coleóptilo (Magalhães & Durães, 2006). Para além disso, os estigmas apresentam-se com uma cor mais escura, pois já concluíram a sua função (Magalhães & Durães, 2006). O estágio R3, ocorre quando os grãos têm uma tonalidade amarelada, contendo no seu interior uma substância leitosa (80% humidade), na qual ocorre a transformação dos açúcares em amido, que, por sua vez, leva ao aumento da matéria seca do grão (Magalhães & Durães, 2006). O estágio R4, ocorre quando os grãos contêm no seu interior uma substância mais pastosa (70% humidade), na qual ocorre a transformação dos

açúcares em amido de forma muito acentuada (Magalhães & Durães, 2006). Esta substância pastosa é facilmente reconhecida quando se submete os grão a alguma pressão com os dedos e o grão se mostra relativamente consistente (Magalhães & Durães, 2006). O estágio R5, ocorre quando é visível uma concavidade na parte superior do grão e também uma linha divisória chamada de linha de leite (Magalhães & Durães, 2006). Esta linha, com o avançar da maturação do grão, avança em direção à base (Magalhães & Durães, 2006).

1.6 Efeito da Data de Sementeira no Milho

A data de sementeira e a escolha da variedade adequada são fatores agronómicos determinantes da produtividade e qualidade do milho (Shenga, 2019). Segundo Freitas (2019) a gestão cultural do milho, quer para produção forrageira, quer para produção de grão é semelhante. Porém, entre os agricultores existe a crença de que o milho forrageiro pode ser instalado mais tarde em relação ao milho para grão, visto que não existe a necessidade de completar a maturação do grão (Freitas, 2019). As condições edafoclimáticas de cada região determinam qual a melhor data de sementeira para se obter o rendimento máximo. O desvio desta data pode significar o desenvolvimento da cultura em circunstâncias desfavoráveis e culminar em quebras de produtividade (Bk *et al.*, 2016).

Segundo Shenga (2019) existe uma maior produtividade de grão quando a temperatura média do ar, nos estádios vegetativos, se encontra entre os 18 °C e os 21 °C, ao passo que com temperaturas acima dos 22 °C diminui. Estes resultados explicam-se pelo facto de que a planta de milho cresce a uma velocidade demasiado acelerada com temperaturas mais elevadas e não consegue acompanhar com o seu desenvolvimento fisiológico (Shenga, 2019; Freire & Faísca, 2021).

A radiação que a cultura potencialmente poderá absorver é um ponto a ter em consideração aquando da definição da data de sementeira, nesse sentido, existe muita controvérsia sobre qual será a melhor data (Shenga, 2019; Freire & Faísca, 2021). Segundo Freitas (2019), na região norte, a data ótima de sementeira está compreendida entre 15 de abril e 15 de maio. Contudo, este intervalo de tempo é flexível devido à variabilidade climática interanual.

Concluindo, sementeiras precoces oferecem maior exposição solar e térmica às plantas e possibilita uma maior produção de biomassa (Abdullah *et al.*, 2012). Para além disso, as plantas tendem a apresentar um maior índice de área foliar e melhor estado sanitário. Por outro lado, em sementeiras tardias as plantas proporcionam menos disponibilidade de radiação e um crescimento mais acelerado e descontrolado das plantas o que leva a quebras significativas de rendimento.

Em clima mediterrânico, a sementeira precoce do milho pode trazer melhorias na eficiência do uso e produtividade da água da água por vários motivos:

- Melhor aproveitamento da água no solo acumulada durante o inverno: Semear mais cedo permite que a planta do milho se desenvolva durante períodos em que há mais água no solo, resultando em um melhor aproveitamento da água disponível. Isso é especialmente importante em regiões onde há uma estação seca pronunciada, como as com clima mediterrânico (Silva, 2016).
- Ciclo de crescimento mais longo: A sementeira precoce, o milho tem um ciclo de crescimento mais longo, o que possibilita que as raízes se aprofundem no solo, permitindo à planta aceder a mais recursos hídricos, reduzindo a dependência de chuvas ou irrigação (Freitas, 2019).
- Menor stresse hídrico: Ao iniciar o crescimento mais cedo, as plantas de milho estão em estágios de desenvolvimento menos sensíveis a stress hídricos futuros, o que pode diminuir os impactos de possíveis períodos de seca ao longo do ciclo de crescimento (Freitas, 2019).
- Menor competição por água: Na sementeira precoce, o milho pode ter uma vantagem competitiva em relação à infestantes, que geralmente competem por água e nutrientes no solo.

No entanto, a sementeira precoce do milho requer condições climáticas favoráveis, pois o risco de geadas pode afetar negativamente o desenvolvimento inicial das plantas. Além disso, a temperatura do solo pode ser demasiado baixa para uma eficaz germinação. Sendo a temperatura de solo ótima acima dos 10 °C (Silva *et al.*, 2016).

2. Região do EDM, Desafios e Oportunidades para o sistema forrageiro

2.1 Sistema de culturas associado à agropecuária

A região do Entre Douro e Minho é caracterizada pelos seus solos provenientes de rocha granítica. Estes solos são caracteristicamente férteis e associados à elevada precipitação anual foram criadas as condições para na região se desenvolver um sistema agropecuário bovino intensivo, especializado na produção de leite. Este sistema baseia-se na ocupação do solo de forma intensiva com duas culturas. No período de outono-inverno é instalada uma mistura de cereais praganosos ou azevém e no verão é instalada uma cultura de milho. Sendo este um sistema de cultura dupla permite colher forragem no início da primavera e no final do verão (Freitas, 2019).

2.2 Alterações climáticas

As alterações climáticas em Portugal estão gradualmente a tornar-se uma realidade. A região Mediterrânica, bem como a sua interseção com o Oceano Atlântico, demonstra ser um zona geográfica de maior vulnerabilidade aos efeitos adversos destas alterações climáticas (Santos *et al.*, 2019). Portugal é frequentemente referenciado entre os países europeus como o mais sujeito ao impacto dos cenários climáticos na agricultura (Santos *et al.*, 2019). Neste sentido, é esperada uma dificuldade crescente na manutenção do sistemas agrícolas mais tradicionais e mais dependentes de recursos hídricos (Santos *et al.*, 2019).

De acordo com o Índice de Desempenho em Alterações Climáticas, o cenário climático mais gravoso para Portugal prevê um aumento de temperatura de até 5°C em 2100. Prevê também um aumento da ocorrência e da intensidade de ondas de calor e que haverá maior e menor precipitação nos meses de inverno e de primavera, respetivamente (IPCC, 2013).

Ao longo dos últimos anos foram registados diversos eventos climáticos fora do normal, nomeadamente a ocorrência de temperaturas acima dos 20 graus em pleno mês de outubro, a existência de longos períodos de seca associados a vagas de calor e seguidos de tempestades (IPCC, 2013).

Assim, estas mudanças de paradigma climático poderão dar origem a quebras de produção no sistema convencional de culturas, mas podem criar a oportunidade de alongar a gama de culturas passíveis de cultivar durante o verão.

2.3 Sistema de cultura intensivo de cultura tripla de cereais forrageiros

O desequilíbrio climático está a limitar o aumento da produtividade dos cereais, pois não permite o uso eficiente dos recursos disponíveis (Liu *et al.*, 2014). Nesse sentido, nos últimos anos, foram testadas diversas práticas agronômicas de modo a garantir uma melhor utilização de recursos e aumentar a produtividade da terra tanto quanto possível. No entanto, as alterações da data de sementeira, da densidade de plantação, de variedades e de outros componentes do sistema de cultura, mostraram-se ineficazes para aumentar significativamente as produções (Dan *et al.*, 2020).

Segundo Meza *et al.* (2008), os modelos de previsão das alterações climáticas possibilitam o cultivo intra-anual de duas culturas encadeadas de milho. Para além disso, muitos estudos demonstraram que este sistema pode aumentar a produtividade anual da exploração e a eficiência no uso de recursos, permitindo aproveitar a eficiência inerente às plantas do tipo C4 (Meza *et al.*, 2008). Comparado o sistema tradicional de cultura dupla (uma cultura ferrã de

inverno e milho de verão) com o sistema de cultura tripla intra-anual de cereais (cultura dupla de milho de verão e uma cultura ferrã de inverno), este último sistema permite uma utilização mais eficiente da radiação e da temperatura disponível (Dan *et al.*, 2020).

Alguns estudos relatam que o sistema de dupla cultura intra-anual de milho agrega benefícios económicos e ecológicos às explorações agrícolas, pois permitem o uso de fatores de produção de forma escalonada e sustentável ao longo do ano. Este escalonamento de inputs e outputs nas parcelas permite uma melhor adaptação às condições ambientais, dilui o custo de utilização das máquinas e facilita a realização de correções nas parcelas. Para além disso, este sistema proporciona um crescimento efetivo da cultura mais rentável por um período de cerca de 230 dias (março a outubro) e um período de pousio durante o inverno de 140 dias (novembro a fevereiro), ao passo que no sistema tradicional, a cultura mais rentável é cultivada durante um período de cerca de 115 dias (maio a setembro) e a cultura de inverno ocupa as parcelas durante de 250 dias (outubro a abril) (Dan *et al.*, 2020).

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

1. Caracterização e localização da Exploração Agrícola

O trabalho foi realizado exploração agrícola Manuel Santos Azevedo. É uma exploração agropecuária fundada nos anos 80 que concentra a sua atividade em três vertentes: i) Produção de leite; ii) Produção forrageira; iii) Produção de produtos hortícolas. Está localizada em Lavra, no concelho de Matosinhos, distrito do Porto.

Os trabalhos decorreram numa parcela de 3,75 hectares localizada na freguesia de Modivas, concelho de Vila do Conde. Esta localização na região do Entre Douro e Minho apresenta um clima de influência atlântica. A figura 1 apresenta os dados climatéricos recolhidos na estação de Pedras Rubras, Porto, a mais próxima do local de ensaio (Meteostat, 2023). A temperatura e a precipitação do ano do ensaio (2022/2023) foram comparadas com a média de 30 anos disponível. A precipitação anual total de 2022/2023 foi de cerca de 1600 mm que comparando com a média de 30 anos (1971/2000) de cerca de 1263 mm é superior. Quanto à distribuição da precipitação ao longo do ano, destacam-se os meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro como os mais chuvosos assim como março marcando o início da primavera. Por outro lado, nos meses de julho e agosto é possível afirmar que no ano de 2023 foram menos chuvosos do que a média dos últimos 30 anos. A temperatura média mensal no ano de 2023 comparando com a média dos últimos 30 anos apresentou valores mais baixos nos meses de inverno e valores mais elevados nos meses de outono, comprovando a extensão das temperaturas de verão até aos primeiros meses de outono.

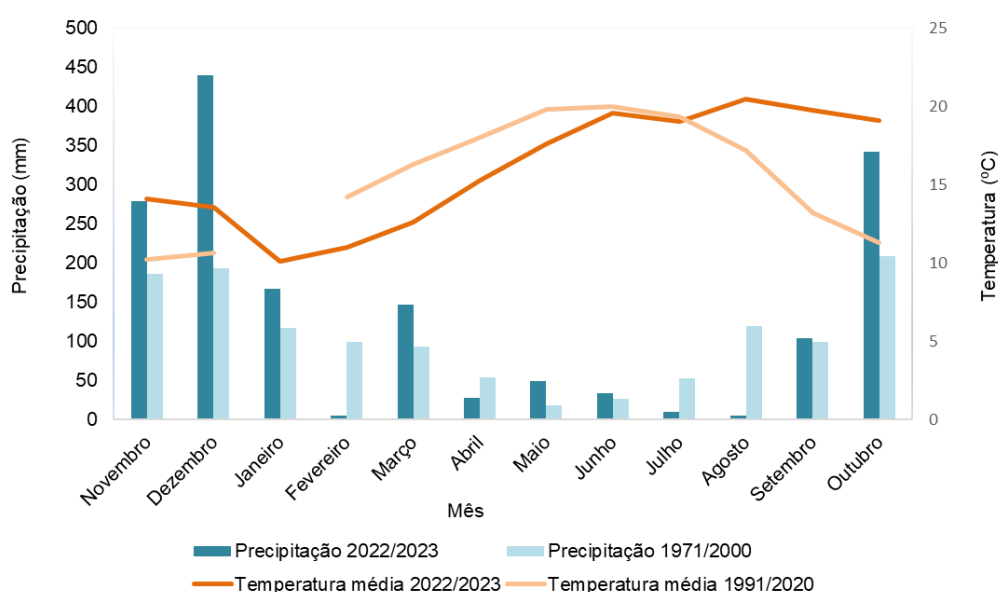


Figura 1 - Diagrama ombrotérmico. Dados meteorológicos da estação meteorológica de Pedras Rubras.

2. Descrição e implementação da experiência

2.1 Modalidades e delineamento experimental

Foi implementada a sucessão intra-anual milho-milho encadeada com cereais imaturos (CMM) e a sucessão intra-anual azevém milho-milho (AMM) que foram comparadas com o sistema convencional da região baseado na sucessão milho-avevém (AM).

Os itinerários técnicos para a instalação e manutenção das modalidades de sucessões em estudo foram divididos em 5 grandes grupos de operações mecanizadas: Preparação e manutenção do solo; controlo de infestantes; Sementeira; Rega; Colheita. Na preparação do solo será utilizada uma charrua de aivecas para lavrar o solo seguida de uma fresa de eixo vertical para realizar a deslavra. Também foi feita a fertilização pré sementeira. Além disso, para além da sementeira ainda será aplicado o sistema de rega gota-gota.

Em todas as modalidades de ensaio a cultura outono inverno (avevém, AM e AMM; tritcale, CMM) foi instalada ainda em novembro (Fig. 2). A modalidade AM, foi planeada para proceder à colheita do azevém (KARTETRA) por volta dos meses de abril/maio, seguida da imediata instalação da cultura do milho um ciclo FAO 500 (MAS 54H) cuja perspectiva de colheita foi em setembro. Na modalidade CMM, a colheita do tritcale (RIPARO) foi efetuada no mês de março e ainda nesse mês fosse feita a instalação da primeira cultura de milho com ciclo FAO 300 (MAS 16B). Quanto à colheita desta primeira cultura de milho, esperava-se que fosse realizada na última quinzena de junho ou na primeira de julho. E estando a instalação da segunda cultura de milho dependente desta data, esperava-se voltar a semear a mesma variedade de ciclo FAO 300, que seria colhida por volta da primeira quinzena do mês de outubro.



Figura 2 - Cultura outono inverno (avevém, AM e AMM; tritcale, CMM) instalada. novembro 2023

As modalidades de sistemas de culturas (AM vs CMM) serão analisadas fatorialmente de acordo com o delineamento experimental estabelecido na sementeira da cultura de outono inverno. Assim, o ensaio para análise do impacto das diferentes sucessões de culturas forrageiras na produtividade e qualidade do milho para silagem foi delineado em “blocos divididos”, sem casualização das modalidades no bloco – no randomized blocks - com 3 repetições (Figura 3).

Este delineamento facilita as operações mecânicas de difícil manobrabilidade como sementeira, fertilização, rega e colheita das culturas sacadas e semeadas em linhas. Todavia, quando comparado com os delineamentos em Blocos Casualizados ocorre uma diminuição da precisão. Também, o estabelecimento do ensaio numa exploração comercial condicionou a seleção do delineamento utilizado. Também a organização espacial das modalidades teve de ter em consideração o potencial ensombramento da segunda cultura de milho, pela cultura de milho já instalada.

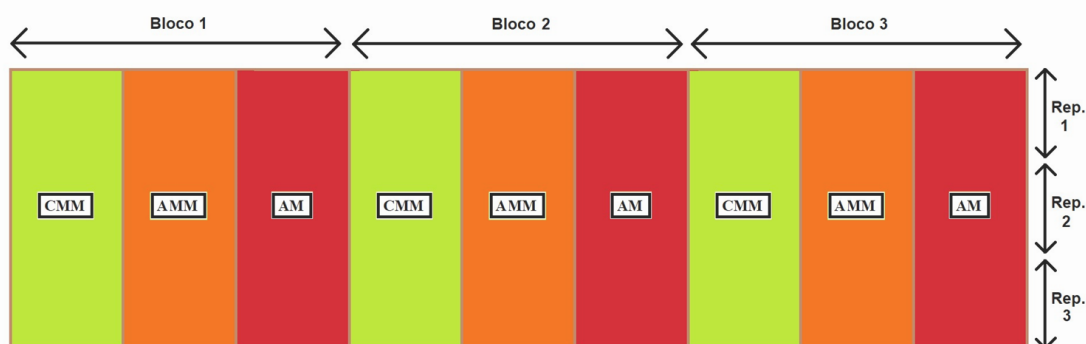


Figura 3- Modelo Blocos divididos, com 3 repetições.

A análise estatística dos dados através da ANOVA foi efetuada mediante a garantia dos pressupostos e suposições exigidos para a sua realização. A significância dos valores do teste de F (teste de Fisher) calculada para os parâmetros em análise, foram estabelecidos para probabilidades inferiores a 5% classificando-os como significativos. De seguida, para alguns dos parâmetros em estudo foi realizado o teste de Duncan, (Duncan's multiple range test) de modo a identificar que pares de médias apresentam diferenças significativas entre modalidades.

Ao longo do ciclo cultural do milho serão recolhidos dados de diversos parâmetros biofísicos como os estádios fenológicos, o índice de área foliar, indicadores ecofisiológicos (ex. Teor de clorofilas - SPAD), teor de água nas folhas, água do solo usando sensores watermark e parâmetros da planta (ex. número e dimensão das folhas, altura e diâmetro da planta). Na colheita será efetuada a avaliação da produtividade: massa verde (parte radicular e aérea), índice de colheita, área foliar, dimensões da planta e características da espiga. Na foragem

verde e ensilada serão analisados os parâmetros convencionais de análise de qualidade (amido, matéria seca). Os protocolos seguidos para cada procedimento técnico encontram-se em anexo.

2.2 Operações Agronómicas

2.2.1 Preparação do solo

A 5 de novembro, para todas as modalidades em ensaio, o solo foi intervencionado com uma grade de discos com largura de trabalho de 2.5 metros acoplada a um trator de 60cv (Fig. 4). Esta operação teve como objetivo de incorporar o restolho da cultura anterior e preparar a cama de sementeira para a cultura de inverno (azevém e tritcale). De seguida, com recurso a uma empresa prestadora de serviços, a 6 de novembro foi realizada a sementeira de inverno, segundo o delineamento que foi previamente apresentado.



Figura 4 – Sementeira de Inverno.

Posteriormente, nos dias 28 de março para as modalidades AMM_C1, CMM_C1 e 8 de maio para a modalidade AM, foi preparada a cama de sementeira de primavera (1ª cultura de milho) e de primavera/verão (1ª cultura de milho, AM). O solo foi mobilizado em profundidade com recurso à charrua de aivecas e posteriormente deslavrado recorrendo a uma fresa de eixo vertical. A lavoura foi efetuada com uma charrua de aivecas reversível hidraulicamente com 3 ferros posicionados a 180° de 21 polegadas (55 cm) perfazendo uma largura de trabalho de 2 metros, com aiveca descontinua, equipada com o sistema non-stop. A charrua de aivecas foi acoplada a um trator com 120 cv.

Na operação de deslavra foi utilizada uma fresa de eixo vertical, com um rolo desterroador. Este equipamento tem uma largura de trabalho de 3 metros e operou a uma profundidade de 25 cm. Este equipamento foi acoplado a um trator com 120 cv.

Mais tarde, no dia 21 de julho, foi preparada a cama de sementeira de verão para as modalidades AMM_C2, CMM_C2 recorrendo apenas a uma fresa de eixo vertical, com um rolo desterrador.

Os custos totais de todas as operações de preparação do solo podem ser consultados na tabela 2, onde foram consideradas as seguintes despesas de operação: i) Gradagem - 35 €/ha; ii) Lavar 70 €/ha; iii) Deslavra - 50 €/ha.

Custo da preparação do solo (inverno) = Gradagem + Deslavra

Custo da preparação do solo (C1) = Gradagem + Lavar + Deslavra

Custo da preparação do solo (C2) = Deslavra

Tabela 2 - Tempos de trabalho e custos da preparação do solo em cada uma das modalidades de sucessão de culturas testadas.

Sucessão Culturas	Preparação do solo	Data	Tempo (h/ha)	Custo (€/ha)
AMM_C1 & AMM_C2	inverno	05/11/2022	2,25	85
	C1	28/03/2023	3,50	120
	C2	21/07/2023	1,25	50
AM	inverno	05/11/2022	2,25	85
	C1	08/05/2023	3,50	120
CMM_C1 & CMM_C2	inverno	05/11/2022	2,25	85
	C1	28/03/2023	3,50	120
	C2	21/07/2023	1,25	50

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

2.2.2 Instalação da cultura do milho

Fertilização

O plano de fertilização foi concebido com base nos resultados obtidos na análise de terra apresentada na Tabela 3. É de destacar que se trata de um solo de textura média e com pH de 5,2, o que se adequa à cultura do milho. O teor em matéria orgânica é médio, embora esteja no limiar desta classificação, quanto aos macronutrientes extraíveis é de destacar a elevada fertilidade deste solo, tendo apenas um desequilíbrio na relação de cálcio/magnésio.

Atendendo aos resultados obtidos na tabela 3, a fertilização de inverno restringiu-se apenas à aplicação de 40m³/ha de chorume em todas as modalidades de estudo. Posteriormente, aquando da instalação da primeira cultura de milho das modalidades AM, AMM e CMM foi realizada uma fertilização de fundo, com aplicação de chorume na dose de 40 m³/ha antes da lavoura, e adubo mineral de composição 22-6-10 NPK da marca ADP na dose de 600 kg/ha depois da lavoura. Esta aplicação foi realizada com recurso a um espalhador de adubo com largura de trabalho de 12 metros e na linha de sementeira, pelo semeador de milho foi ainda aplicado um starter (PHYSIOSTARTER) da marca Timac Agro na dose de 20 Kg/ha.

Por fim, para a instalação da segunda cultura de milho das modalidades AMM e CMM foi realizada uma fertilização de fundo, com aplicação de chorume na dose de 32 m³/ha antes da fresagem, e adubo mineral de composição 22-6-10 NPK da marca ADP na dose de 300 kg/ha depois da fresagem. Ainda na linha de sementeira foi aplicado pelo semeador de milho 20 Kg/ha do starter referido.

Tabela 3 - Resultados da análise de solo efetuada.

Parâmetro	Resultado	Unidades	Classificação	Valores de Referência
Textura	Média	Não aplicável		
pH (H ₂ O)	5,2	Escala de Sorensen	Ácido	
Matéria orgânica	4,03	%	Médio	2,1 – 4,0
Fósforo extraível	125	mg/kg P ₂ O ₅	Alto	51 - 100
Potássio extraível	185	mg/kg K ₂ O	Alto	51 - 100
Necessidade em cal	13,5	CaCO ₃ ton/ha		
Cálcio extraível	308	mg/kg CaO		
Magnésio extraível	74	mg/kg MgO	Baixo	100 – 150
Relação Ca/Mg	4,1	Não aplicável	Alto	2,6 – 4,0
Relação K/Mg	2,5	Não aplicável		

Na tabela 4 estão representadas as datas, doses e custos que cada operação acarretou, sendo que o custo da aplicação de chorume foi de 30 €/h e foram necessárias 1h para transportar cada cisterna de 8 m³ até à parcela. Quanto ao fertilizante mineral sólido e ao starter, estes tiveram um custo de 815 €/ton e 49,50 €/ha, respetivamente. Porém, para além da matéria-prima também é necessário contabilizar o custo com os equipamentos utilizados para distribuir o fertilizante, nomeadamente o trator e o distribuidor do adubo que em conjunto tiveram um custo de 35 €/ha.

Custo da aplicação de chorume = (número de horas trabalhadas) x (preço por hora)

Custo da aplicação de fertilizante = ((ton de fertilizante) x (preço/ton)) + preço do serviço

Tabela 4 - Planeamento da dose e dos custos da fertilização mineral e orgânica (Chorume) da cultura de milho nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão Culturas	Tratamento	Data	Dose	Custo (€/ha)
AMM_C1	Chorume (m ³ /ha)	28/03/2022	40	180,00
& CMM_C1	Fertilizante (kg/ha)	28/03/2023	620	538,50
AM	Chorume (m ³ /ha)	08/05/2023	40	180,00
	Fertilizante (kg/ha)	08/05/2023	620	538,50
AMM_C2	Chorume (m ³ /ha)	21/07/2023	32	144,00
& CMM_C2	Fertilizante (kg/ha)	21/07/2023	320	294,00

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

Sementeira

Para averiguar a viabilidade da sementeira da cultura precoce de milho (AMM e CMM) foram realizadas medições preliminares à temperatura do solo a diferentes profundidades tal como demonstra a figura 5. A 28 de março verificaram-se as condições para que a parcela pudesse receber a cultura do milho, isto é, a temperatura do solo encontrava-se acima dos 10 °C consistentemente ao longo do tempo, mesmo após a sementeira (Silva *et al.*, 2016).

É ainda de referir que as medições foram realizadas às profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm recorrendo a um termómetro apropriado para o efeito.



Figura 5 – Medição da temperatura do solo a diferentes profundidades. 10, 20, 30 e 40 cm.

A sementeira da primeira cultura de milho das modalidades AMM e CMM foi realizada no dia 30 de março com uma variedade de milho do ciclo FAO 300 (MAS 16.B, MAS Seeds). Esta variedade é divulgada como precoce, tolerante ao stress hídrico e com boa produtividade.

A sementeira de milho da modalidade AM foi realizada no dia 11 de maio de 2023 com uma variedade de milho do ciclo FAO 500 (MAS 54.H, MAS Seeds). Esta variedade é divulgada como tendo um bom potencial produtivo. A sementeira da segunda cultura de milho das modalidades AMM e CMM foi realizada no dia 22 de julho com a mesma variedade de milho do ciclo FAO 300 (MAS 16.B, MAS Seeds) da primeira sementeira.

O semeador utilizado foi um semeador pneumático monogrão da marca Gaspardo, com abertura hidráulica, de quatro linhas. Este possui marcador de linha hidráulico, sistema de fertilização microgranulador.

A sementeira foi realizada uma profundidade de cerca de 6 cm, com um espaçamento entre sementes de 14,2 cm e de 15,9 cm, com a entre linha a 70 cm tendo como objetivo uma população de cerca de 100 000, 100 000 e 90 000 plantas.ha⁻¹ para as modalidades AMM, CMM e AM, respetivamente.

Na tabela 5 estão representadas as datas, densidades de plantação e os custos que cada sementeira originou. O custo mais relevante foi o das sementes. Concretamente, a sementeira de inverno com azevém e tritcale a uma densidade de 65 kg/ha custou 133,25 e 66,2 €/ha, respetivamente. Para além desse custo ouve ainda o custo operacional da sementeira que foi de 65 €/ha. Quanto à primeira sementeira da modalidade AM, as sementes de milho custaram 248,32 €/ha. Já, quer a primeira, quer a segunda sementeiras das modalidades AMM e CMM tiveram um custo em sementes de 275,91 €/ha cada uma. Relativamente ao custo operacional do semeador para as sementeiras de milho o valor foi de 65 €/ha.

$$\text{Custo da sementeira (inverno)} = ((\text{kg de semente}) \times (\text{preço/kg})) + \text{preço do serviço}$$

$$\text{Custo da sementeira (C1)} = ((\text{quantidade de semente}) \times (\text{preço/semente})) + \text{preço do serviço}$$

$$\text{Custo da sementeira (C2)} = ((\text{quantidade de semente}) \times (\text{preço/semente})) + \text{preço do serviço}$$

Tabela 5 - Planeamento das sementeiras nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão Culturas	Sementeira	Data	Densidade (plantas/ha ou kg/ha)	Custo (€/ha)
AMM	inverno	06/11/2022	65 kg	198,25
	C1	30/03/2023	100 000	340,91
	C2	25/07/2023	100 000	340,91
AM	inverno	06/11/2022	65 kg	198,25
	C1	11/05/2023	90 000	313,32
CMM	inverno	06/11/2022	65 kg	131,72
	C1	30/03/2023	100 000	340,91
	C2	25/07/2023	100 000	340,91

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

2.2.3 Controlo de pragas, infestantes e doenças

Quantificação de infestantes

A presença de infestantes foi avaliada através do método da quadrícula. Procedeu-se em cada um dos talhões à escolha aleatória de 5 retângulos com 0,70 x 1 m o que corresponde à entrelinha com um metro de comprimento, dentro dos quais se procedeu à avaliação e quantificação das espécies de infestantes presentes.

Controlo de infestantes

O controlo das infestantes foi realizado através da aplicação de herbicida de largo espectro de ação quando as plantas de milho atingiram a quarta folha.

O herbicida utilizado foi o MonSoon Active da marca Bayer, um herbicida de absorção foliar e residual para aplicação em pós-emergência da cultura, destinado ao controlo das infestantes anuais (incluindo sorgo bravo) da cultura do milho. É uma mistura de foramsulfurão-sódio e tiencarbazona-metilo com ciprosulfamida. Foi aplicado na dose de 2 L/ha e com um volume de calda de 350 L/ha. A aplicação foi efetuada com recurso a um pulverizador jato transportado nos três pontos, equipado com uma barra de 9 metros e bicos de fenda com jato de 110º (Fig. 6). O custo desta operação agronómica foi de 20 €/ha em trabalho e 81,58 €/ha em herbicida.

Para além da aplicação do herbicida, ainda foi necessário realizar uma sacha em todas as modalidades, recorrendo a um sachador da marca Maschio Gaspardo com largura de trabalho de 2,80 m e cujo custo operacional é de 45 €/ha.



Figura 6 – Aplicação do herbicida nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1.

Na tabela 6 estão representadas as datas, doses e custos que cada tratamento originou. A aplicação de herbicida foi igual para todas as modalidades, tanto na primeira como na segunda sementeiras, tendo esta operação custado 101,58 €/ha. Para além da aplicação do herbicida, a realização da sacha também foi universal a todas as modalidades.

$$\text{Custo do controlo químico} = ((\text{Litros de herbicida}) \times (\text{preço/Litro})) + \text{preço do serviço}$$

$$\text{Custo do controlo mecânico} = (\text{Horas de trabalho}) \times (\text{preço do serviço})$$

Tabela 6 - Planeamento do controlo de infestantes nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão Culturas	Tratamento	Data	Dose	Custo (€/ha)
AMM_C1	Herbicida (L/ha)	19/04/2023	2	101,58
& CMM_C1	Sacha (h/ha)	11/05/2023	1	45
AM	Herbicida (L/ha)	31/05/2023	2	101,58
	Sacha (h/ha)	29/06/2023	1	45
AMM_C2	Herbicida (L/ha)	11/08/2023	2	101,58
& CMM_C2	Sacha (h/ha)	02/09/2023	1	45

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

Controlo de pragas e doenças

O controlo de pragas e doenças não foi realizado, pois, apesar de terem sido observados danos provocados por insetos. Apenas foi realizada uma técnica cultural para reduzir os danos provocados pela rosca (*Agrotis* sp.), uma rega mais intensa quando foi detetado o ataque. É ainda de salientar que as sementes utilizadas já eram previamente tratadas com fungicida.

2.2.4 Rega

O sistema adotado foi o de utilização mais comum na região EDM, nomeadamente em terrenos de formato irregular e de pequena dimensão. Tendo em conta a topografia da parcela em questão, o sistema gota-a-gota foi o escolhido. Neste sistema é usada uma fita descartável com gotejadores espaçados de 20 em 20 cm e com débito de 1 litro por hora. Apesar de ser um sistema mais dispendioso que outros, quer em material quer no tempo de instalação, este garante homogeneidade na dotação e não requer trabalho de manutenção após a instalação. Concretamente, em termos de custos, uma bobine de 2500 m tem um custo estimado de 139.00 € a unidade. Sendo que é utilizada uma linha de fita para cada 2 linhas de milho, 1 hectare de milho necessitaria de 7143 metros lineares que totalizam um custo de 397,15 €/ha.

2.2.5 Colheita

As colheitas foram realizadas aquando do ótimo de maturação do grão com a finalidade de silagem, isto é, no estágio fenológico R5. Deste modo é obtida a proporção ideal de amido na silagem. No entanto também é desejável que a planta tenha boa digestibilidade e por isso o *stay green* também foi um fator de decisão na data de colheita.

Na tabela 7 estão apresentadas as datas de colheita, duração e custo para cada uma das modalidades sendo de destacar que a colheita foi realizada com recurso a uma máquina de corte e recorte de forragens automotriz (Claas Jaguar 870) com uma largura de corte de 4 m.

Tabela 7 - Planeamento da colheita nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão Culturas	Operação	Data	Tempo de Operação (h/ha)	Custo (€/ha)
AMM_C1 & CMM_C1	Colheita	20/07/2023	1.25	250.00
AM	Colheita	14/09/2023	1.25	250.00
AMM_C2 & CMM_C2	Colheita	31/10/2023	1.25	250.00

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

A produtividade do milho apresentada em massa verde (MV) foi determinada numa área de cerca de 100 m² (6 linhas x 25 m) em cada talhão para cada modalidade. A colheita foi imediatamente pesada num misturador de ração (unifeed) equipado com uma balança. Para além desta colheita, foram também realizadas 5 colheitas de pequena dimensão por talhão com uma representação de 2.1m² em que a produtividade foi avaliada com base na massa de cada planta considerando a geometria da sementeira.

A produtividade quantitativa foi expressa em massa verde (MV) por unidade de área (kg MV/m²) e a qualitativa em percentagem de amido por quilograma de matéria seca. Após a colheita a silagem foi transportada, acondicionada e compactada num silo.

2.3 Medições no solo e na planta

2.3.1 Tensão de retenção de água no solo

A tensão de retenção de água no solo representa a energia da ligação da água ao solo. Os resultados destas medições ajudam a entender quão disponível se encontra a água do solo para as plantas, pois mede de forma estimada a força necessária para que a água seja absorvida pelas plantas.

Assim, de modo a quantificar a tensão da água no solo foram utilizados sensores watermark, instalados na densidade de 1 por talhão a uma profundidade de 25 cm. As medições foram realizadas semanalmente com recurso a um aparelho de medição manual que registava os valores instantâneos.

3.1.2 Teor de Clorofilas

Foram efetuadas leituras do índice de clorofila na folha do milho ao longo do seu ciclo cultural recorrendo a um clorofilômetro SPAD Minolta 502 DL PLUS. As determinações com o medidor de clorofila foram realizadas semanalmente a partir do DAS 56 e até ao DAS 91 para todas as modalidades. Foram também realizadas em duas zonas distintas da planta, a inferior e a superior, sendo que nos estádios vegetativos as medições foram realizadas nas primeiras e nas últimas folhas completamente expandidas, já nos estádios reprodutivos, as medições foram realizadas nas folhas completamente expandidas abaixo da inserção da espiga e nas últimas folhas completamente expandidas. As leituras com o clorofilômetro foram realizadas em cinco plantas por modalidade e por bloco, sendo realizada em três pontos situados no terço médio da folha amostrada, a partir da base, e a 2 cm de uma das margens da folha.

3.1.3 Altura da planta

A medição da altura das plantas tem como objetivo determinar a taxa de crescimento das plantas e foi realizada com recurso a uma fita métrica convencional. Foram assinaladas 5 plantas em cada repetição para que as medições executadas sempre nas mesmas plantas, totalizando 15 plantas por talhão e 45 por bloco. A altura das plantas foi medida a partir da superfícies do solo até ao final da última folha completamente aberta. A frequência das medições foi semanal.

3.1.4 Estádios fenológicos

Os estádios fenológicos foram registados semanalmente juntamente com a medição da altura das mesmas plantas. Cada estágio foi registado de acordo com a escala “leaf collar method” quando, pelo menos 50% das plantas se encontravam nele.

3.2 Estimativa de Custos e operabilidade das modalidades

A realização de uma análise económica dos sistemas de cultura em estudo, inclui a análise dos custos associados a todas as operações culturais realizadas, tais como a preparação do solo, fertilização, sementeira, controlo de infestantes, rega e colheita. O custo total de produção em cada uma das modalidades relacionado com a produtividade permite obter indicadores económicos como o preço de cada tonelada de MV, MS e amido produzido. Para além disso, a operabilidade do sistema em estudo pode ser testada ao nível da exploração agrícola de modo a perceber em que realidades se enquadrará melhor e qual a sua eficiência em termos de economia de água.

CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Temperatura do solo

A figura 7 apresenta a evolução temporal da temperatura do solo a diferentes profundidades anteriormente e após a instalação da primeira cultura de milho nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1. O pressuposto a verificar era a temperatura apresentar-se superior a 10 °C, facto que se verificou no dia 28 de março, estado a temperatura nas camadas de solo de 10, 20, 30 e 40 cm, 17,16,15 e 15 °C, respetivamente. Estando validada a temperatura do solo foi realizada a sementeira. Posteriormente foi acompanhada a temperatura ao longo dos primeiros dias de instalação da cultura e verificou-se que a temperatura do solo se manteve estável com tendência para aumentar.

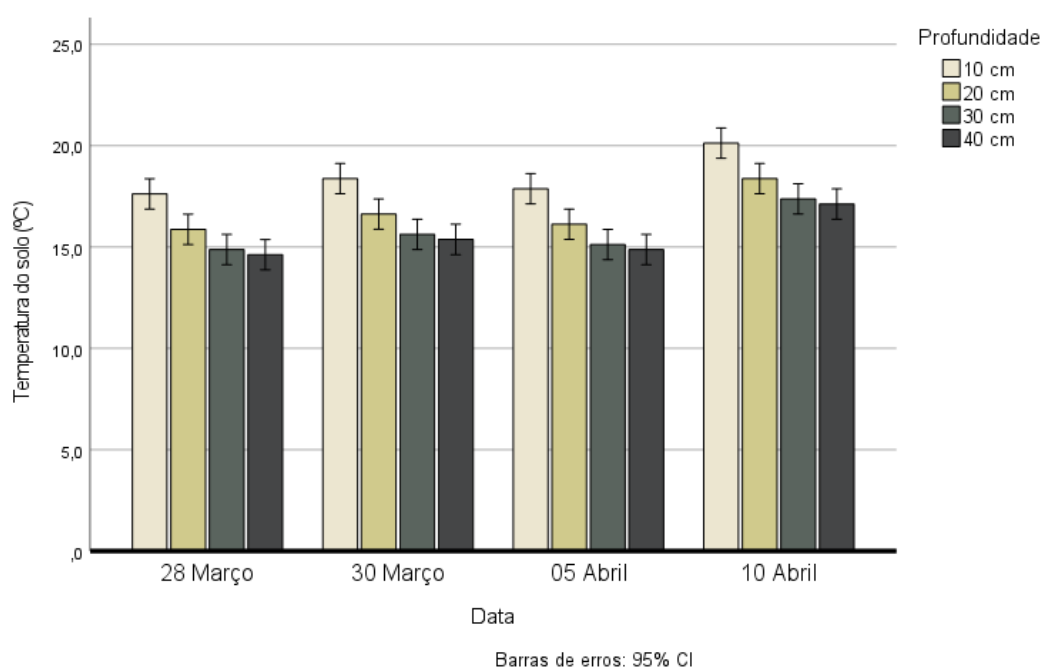


Figura 7 - Evolução temporal da temperatura do solo a diferentes profundidades.

2. Infestantes

A figura 7 apresenta a evolução temporal da densidade de infestantes nas diferentes modalidades de sucessão de culturas testadas. A sucessão AM aos 20 DAS apresenta uma densidade média de infestantes significativamente superior às restantes modalidades testadas (AMM e CMM). A sementeira da modalidade AM foi efetuada mais tarde (em maio) com temperaturas do solo mais elevadas o que propiciaram uma maior densidade de infestantes. O precedente cultural não teve um impacto significativo na densidade de infestantes. A densidade de infestantes na segunda cultura de milho foi significativamente inferior à registada na primeira cultura.

A aplicação de herbicida 20 DAS permitiu um enorme redução da densidade de infestantes, não se registando após esta data diferenças significativas entre as modalidades ensaiadas (Anexo 1).

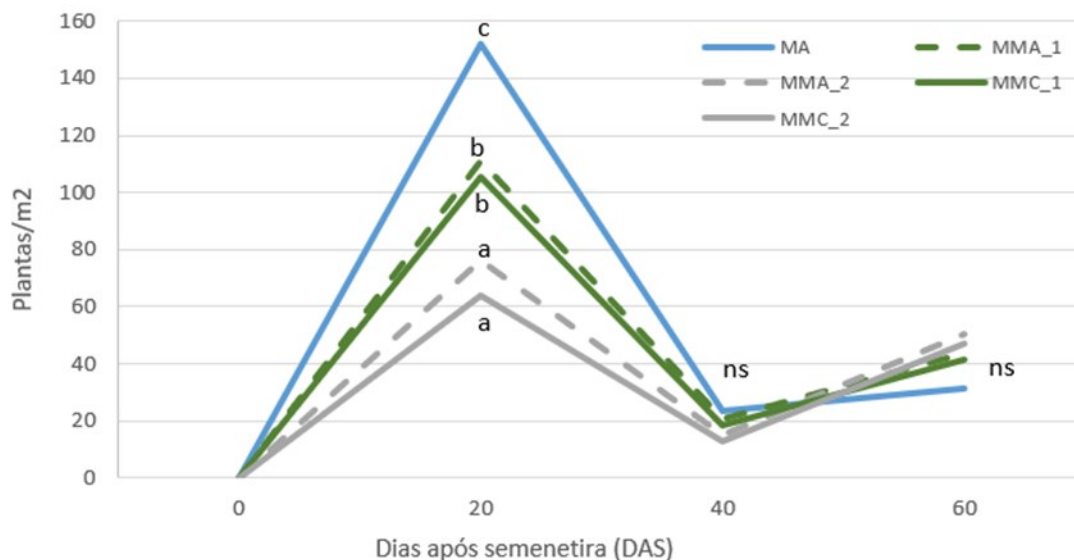


Figura 8 - Evolução temporal da densidade de infestantes nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. linhas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).

3. Teor de Clorofilas

A figura 9 apresenta a evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho nas modalidades AMM_C1 e AMM_C2. Na modalidade AMM_C1 verificou-se que dos DAS 56 ao 77, estágio fenológico R3, houve um aumento constante do teor em clorofilas quer na parte superior que inferior das plantas, destacando-se o maior teor na parte inferior das plantas. No entanto, a partir do DAS 77 iniciou-se o decréscimo do teor de clorofilas na zona inferior da planta. Na zona superior continuou o aumento do teor de clorofilas nas folhas. Na modalidade AMM_C2 verificou-se que dos DAS 56 ao 77 houve um aumento constante do teor em clorofilas na parte superior das plantas, porém, dessa data, o teor de clorofilas nesta zona manteve-se constante. Quanto ao teor de clorofila na zona inferior das plantas, este manteve-se constante até ao DAS 70, sendo que nessa data, no estágio fenológico VT, inverteram-se as concentrações de clorofilas nas folhas, passando a estarem mais concentradas na zona superior do que na inferior.

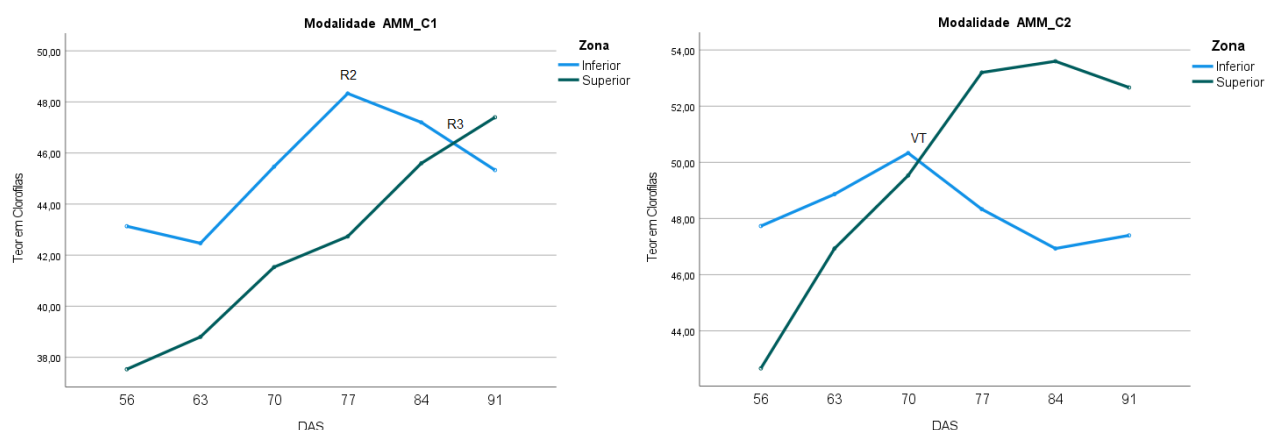


Figura 9 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade AMM.

A figura 10 apresenta a evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho nas modalidades CMM_C1 e CMM_C2. Na modalidade CMM_C1 verificou-se o teor de clorofilas na zona inferior das plantas se manteve constante. Na zona superior das plantas, o teor de clorofila apresentou um crescimento contínuo. No entanto, o teor de clorofilas na zona superior das plantas passou a ser maior do que na zona inferior no DAS 77, estágio fenológico R2. Quanto à modalidade CMM_C2 verificou-se que dos DAS 56 ao 84 houve um aumento constante do teor de clorofilas na zona superior das plantas, seguido de uma ligeira queda ao DAS 91. A zona inferior apresentou um aumento do teor de clorofilas nas folhas dos DAS 56 ao 70, estágio fenológico VT, mas a partir do DAS 70 este teor decresceu.

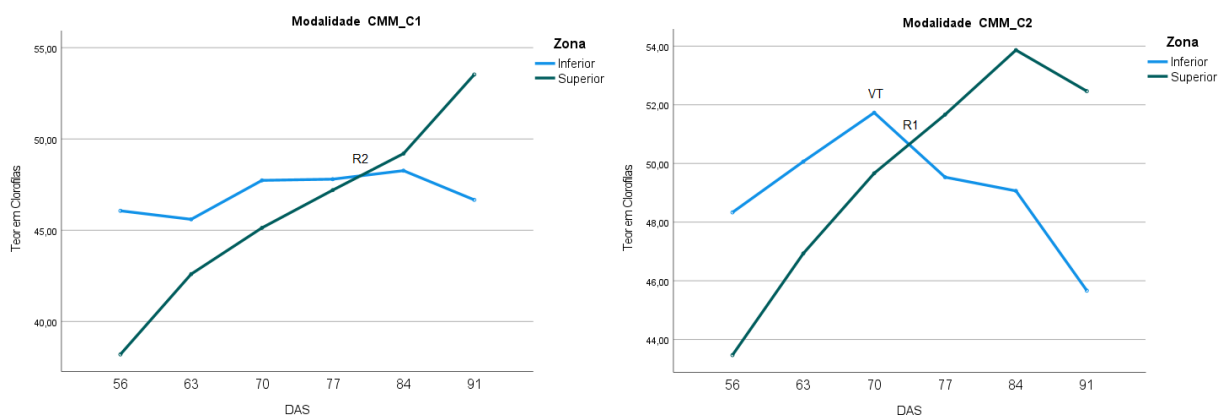


Figura 10 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade CMM.

A figura 11 apresenta a evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade AM. Verificou-se que o teor de clorofilas na zona inferior das plantas foi sempre mais elevado do que na zona superior até ao DAS 84. O teor de clorofilas, em ambas as zonas foi sempre aumentando até ao DAS 77, estágio fenológico VT onde começou a decrescer na zona inferior.

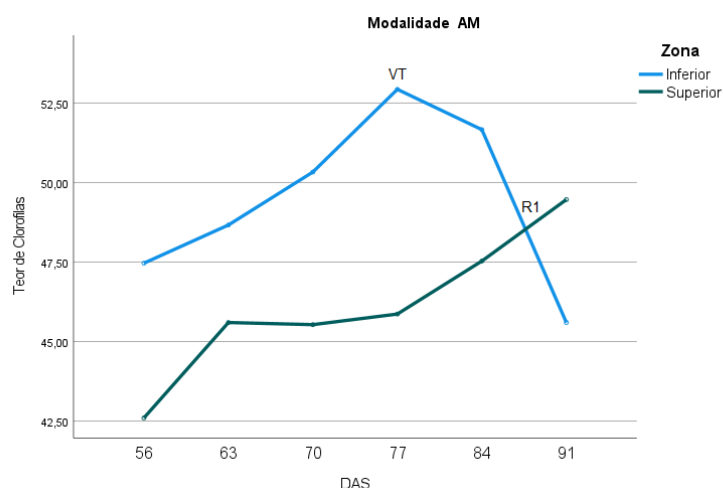


Figura 11 - Evolução do teor em clorofilas nas folhas das plantas de milho na modalidade AM.

Em suma, as folhas da zona superior das plantas apresentaram um aumento constante ao longo do tempo do teor em clorofilas em todas as modalidades. Pelo contrário, nas folhas da zona inferior das plantas da modalidade AMM_C2, CMM_C2 e AM, a partir do estágio fenológico VT o teor de clorofilas começou a decrescer. Na modalidade AMM_C1 este decréscimo ocorreu a partir do estágio fenológico R2 e na modalidade CMM_C1 o teor manteve-se constante.

4. Altura da Planta e Estádios Fenológicos

A figura 12 apresenta o crescimento das plantas de milho ao longo do seu ciclo cultural, sendo de destacar que a modalidade AM foi a que apresentou plantas mais altas e que as modalidades AMM_C2 e CMM_C2 apresentaram plantas com menor estatura. É também de referir que nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1, houve um crescimento exponencial até ao DAS 70 onde as plantas atingiram os 200 cm e encontravam-se no estágio fenológico R1. Na modalidade AM, o crescimento exponencial ocorreu até ao DAS 77 onde as plantas atingiram os 250 cm e encontravam-se no estágio fenológico VT. Nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2 o crescimento exponencial ocorreu até ao DAS 70 onde as plantas atingiram os 170 cm e encontravam-se no estágio fenológico VT. Em suma, o crescimento exponencial das plantas ocorre até cerca do estágio fenológico VT, sendo que a partir desse estágio a taxa de crescimento em altura é mais reduzida. Ainda, entre as modalidades houve diferenças na taxa de crescimento nos primeiros estádios fenológicos, sendo que as modalidades AM e AMM_C1 e CMM_C1 apresentaram um crescimento mais acelerado do que as modalidades AMM_C2 e CMM_C2. Isto pode ser explicado pela maior disponibilidades de água no solo e temperatura amena aquando das sementeiras das modalidades AM, AMM_C1 e CMM_C1. Pelo contrário,

aquando da sementeira das modalidades AMM_C2 e CMM_C2, a temperatura já estava mais elevada e a humidade no solo mais reduzida.

No final de cada cultura, as alturas máximas das modalidades AM, AMM_C1/CMM_C1 e AMM_C2/CMM_C2 foram, respetivamente, 282, 224 e 189 cm.

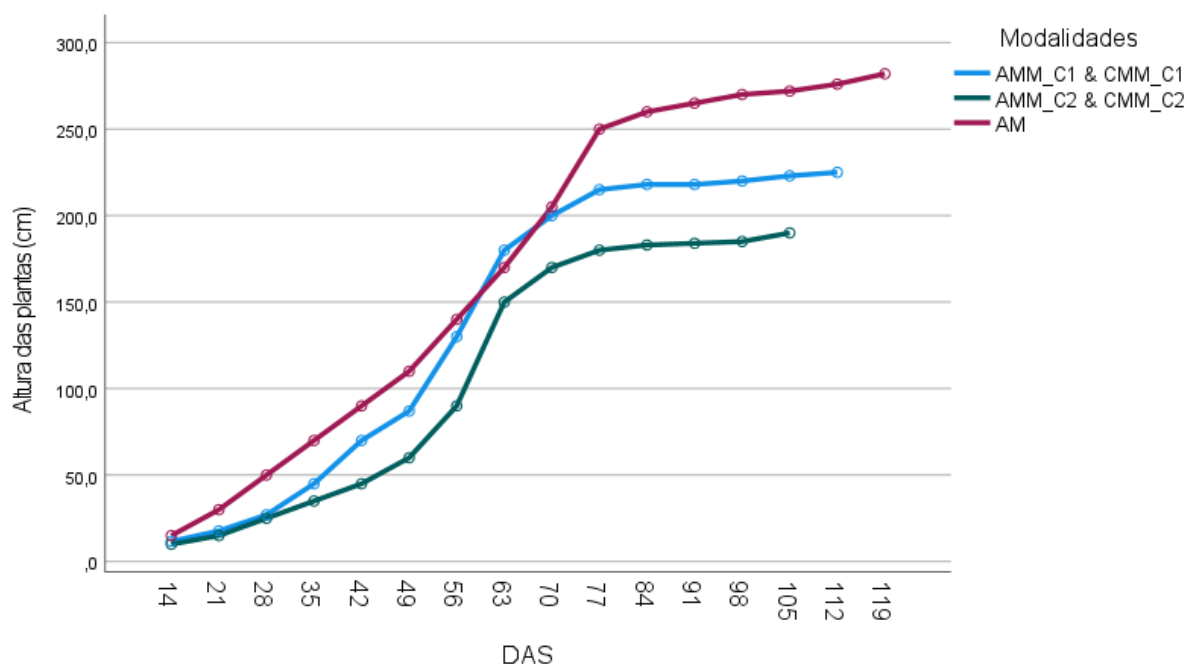


Figura 12 – Evolução do crescimento das plantas de milho nas diferentes modalidades. AM, AMM e CMM.

A figura 13 apresenta o registo fotográfico de alguns estádios fenológicos observados ao longo do ensaio, entre os quais, a germinação, o estágio V4, VT e R4.



Figura 13 – Registo fotográfico de alguns estádios fenológicos do milho observados ao longo do ensaio.

5. Rega

A rega foi realizada sempre que o teor de água no solo se encontrava mais baixo e não houve ocorrência de chuva. A tabela 8, apresenta as datas em que foram realizadas as regas para as diferentes modalidades organizadas por primeira sementeira e segunda sementeira. Para realizar a rega, foi necessário recorrer à contratação de energia elétrica para satisfazer as necessidades do motor de 10 cv disponível. Em termos de custos, foi contabilizado o aluguer de potência e a energia consumida na rega, sendo que o aluguer teve o custo de 0.8377 €/dia e a energia 0.0728 €/kWh. É de referir que os valores de custo por hectare foram estimados por regra de três simples, sendo que numa situação real o custo do aluguer do contador não aumenta, apenas o consumo de energia e não de forma linear. A fita de rega gasta em cada modalidades AM, AMM e CMM foi de 450 m e custou 25,02 €. Transformando em custo por hectare da fita de rega, este representa um custo de 397.15 €.

Tabela 8 - Registo das regas efetuadas e respetivos custos nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão Culturas	Fita de rega (m)	Data	Tempo de Operação (h)	Consumo de Água (L)	Consumo Energia (kwh)	Custo (€)
AMM_C1 & CMM_C1	900	10/06/2023	8	31 200	137	96,87
		19/06/2023	4	15 400		
		30/06/2023	4	14 800		
		05/07/2023	4	15 100		
AMM_C2 & CMM_C2	900	24/07/2023	12	45 400	335	114,86
		15/08/2023	8	33 100		
		27/08/2023	8	32 600		
		03/09/2023	4	17 000		
		17/09/2023	12	50 500		
		08/10/2023	4	16 300		
AM	450	10/06/2023	8	14 800	444	146,13
		19/06/2023	4	7 600		
		30/06/2023	4	8 100		
		05/07/2023	4	7 800		
		14/07/2023	8	16 000		
		24/07/2023	12	23 800		
		01/08/2023	8	15 300		
		15/08/2023	8	16 400		
		27/08/2023	8	15 900		

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

O aluguer do contador esteve ativo para a modalidade AM 106 dias representando um custo de 88.79 €, na modalidade AMM_C1 e CMM_C1 44 dias representando um custo de 36.86 € e na modalidade AMM_C2 e CMM_C2 108 dias representando um custo de 90.47 €.

Quanto à energia, foram gastos para a modalidade AM 444 kwh representando um custo de 32.32 €, na modalidade AMM_C1 e CMM_C1 137 kwh representando um custo de 9.97 € e na modalidade AMM_C2 e CMM_C2 335 kwh representando um custo de 24.39 €.

$$\text{Custo da rega} = ((\text{metros de fita}) \times (\text{preço/metro})) + ((\text{energia gasta}) \times (\text{preço/energia})) + ((\text{número de dias do contrato de energia}) \times (\text{preço/dia}))$$

A figura 14 apresenta a variação da tensão de retenção de água no solo. As medições demonstraram que para as modalidades AMM_C1 e CMM_C1 nas primeiras semanas de instalação da cultura, onde não houve qualquer rega, extrair água do solo estava a tornar-se difícil, até que em final de maio houve chuvas e iniciou-se a rega e por isso o valor diminuiu por essa altura, no entanto depois durante as fases em fecundação e enchimento dos grãos houve uma demanda maior de água e por isso durante o mês de junho apesar das regas, o teor de água no solo manteve-se constante. Por outro lado, durante o mês de julho, as necessidades de água por parte da planta diminuíram e por isso houve maior disponibilidade de água no solo.

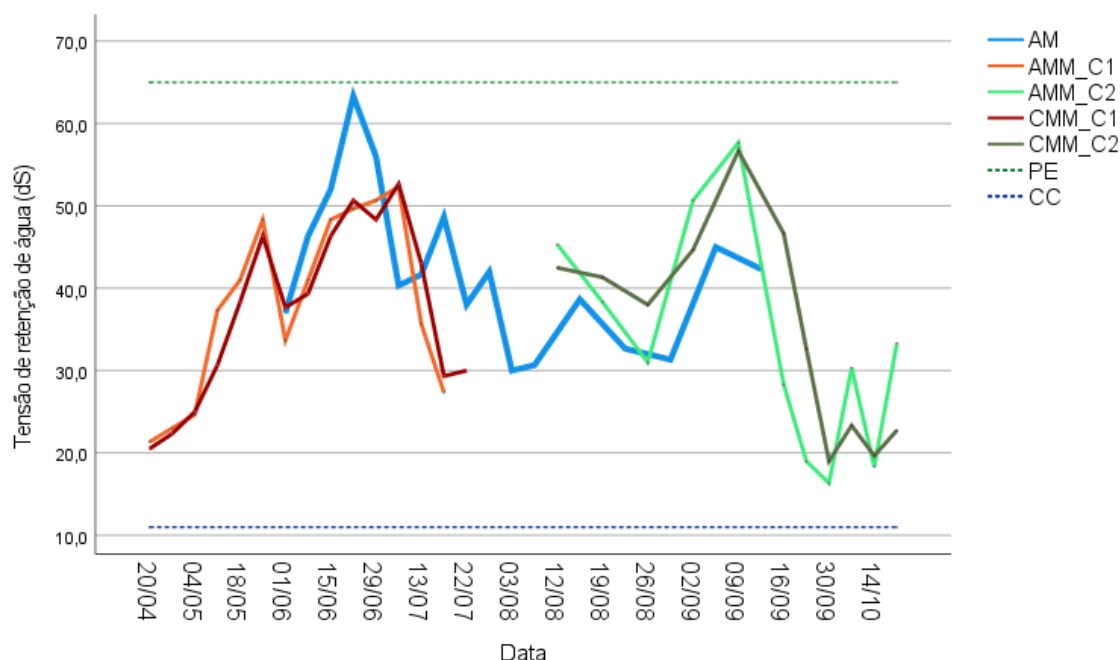


Figura 14 – Registo da Tensão de retenção de água no solo nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho, CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho, PE Ponto de Emurchecimento e CC Capacidade de Campo. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente.

O mês de agosto muito seco tal como demonstra a figura 1 pode ter influenciado as modalidades AMM_C2 e CMM_C2 a apresentarem um pico de tensão de retenção de água no dia 9 de setembro. A partir dessa data foram registadas algumas chuvas que ajudaram a aumentar a disponibilidade de água para a cultura e por esse motivo os valores da tensão de retenção de água voltaram a diminuir. No que diz respeito à modalidade AM, esta por ter sido instalada mais tarde, em maio, teve maior dificuldade de início com a extração de água do solo, pois as temperaturas encontravam-se altas, mas não era possível, ainda, realizar a rega porque a sacha teria de ser realizada antes da colocação da fita. A partir do momento que foi instalado o sistema de rega a tensão de retenção de água no solo manteve-se relativamente constante para esta modalidade.

A tensão de retenção de água, quando comparada com a modalidade AM, verifica-se que as modalidades AMM_C1 e CMM_C1 apresentam valores inferiores, o que revela que houve maior disponibilidade de água mesmo realizando menos regas. Verifica-se também que nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2 a tensão de retenção de água foi inicialmente maior que a AM, mas sempre com um valor baixo de tensão. Os valores de tensão de água no solo mantiveram-se sempre a cerca de 50% da CC. Após o início de setembro a tensão da C2 baixou bastante, possivelmente porque choveu. Quanto à tensão de retenção de água nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2, comparadas com as modalidades AMM_C1 e CMM_C1, estas atingiram valores mais elevados. Todavia, os valores mais elevados de tensão de água no solo registaram-se na modalidade AM cerca de 1,5 meses após a sementeira quando a cultura estava no estágio fenológico V6.

6. Produtividade e qualidade do milho

Produtividade

A figura 15 apresenta a produtividade do milho nas diferentes modalidades de sucessão de culturas testadas. A sucessão CMM apresenta uma produção média de matéria verde significativamente superior às restantes modalidades testadas (AM e AMM). Sendo que entre as modalidades AM e AMM, esta última significativamente mais produtiva do que a modalidade AM.

A modalidade AM apresentou uma produção de cerca de 73 ton/ha. Dentro da modalidade AMM, a primeira cultura representou cerca de 44 ton/ha, 59% da produção total e na modalidade CMM, a primeira cultura representou cerca de 54 ton/ha, 57% da produção total. A menor produtividade da C2, deve-se principalmente às condições climáticas menos favoráveis na implantação da segunda sementeira, nomeadamente até ter sido iniciado a

rega. Assim, as produções das modalidades AMM_C2 e CMM_C2 foram cerca de 35 e 38 ton/ha, respetivamente.

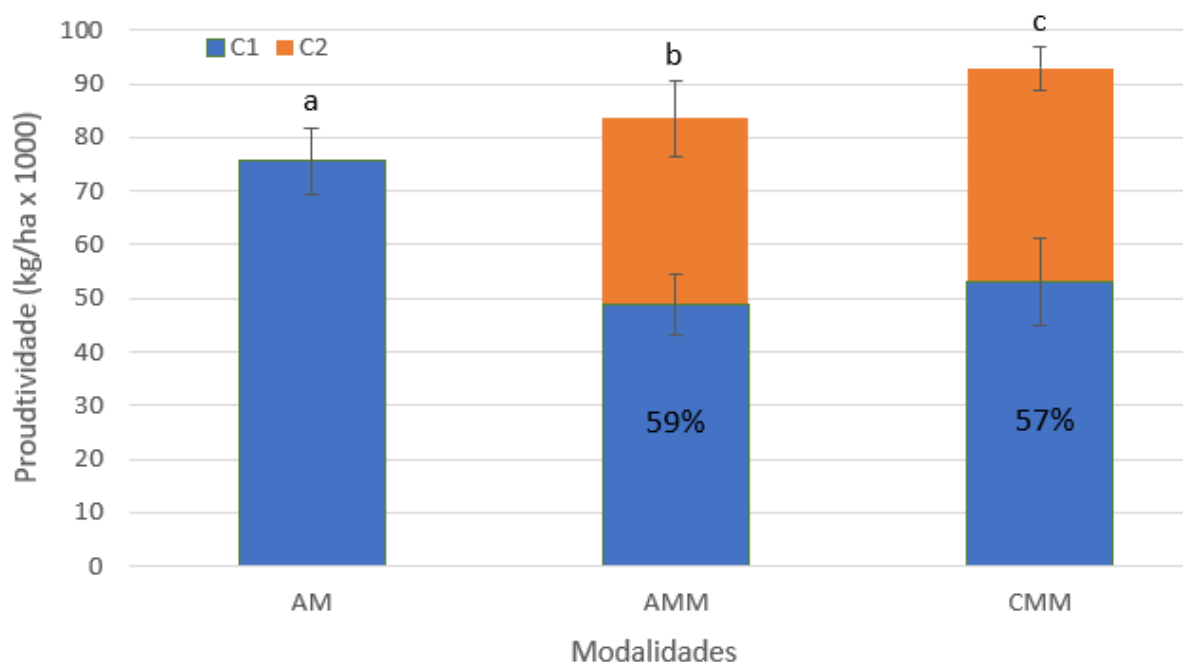


Figura 15. Comparação da produtividade de milho nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente. Barra vertical representa o desvio padrão. Colunas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).

A figura 16 apresenta a produtividade das espigas nas diferentes modalidades de sucessão de culturas testadas. A sucessão CMM apresenta uma produção média em termos de massa de espigas significativamente superior às restantes modalidades testadas (AM e AMM). Ainda, dentro das modalidades AMM e CMM, a primeira cultura representou 65% da produção total, porém na segunda cultura o peso das espigas foi menor. Isto pode ser explicado pelas condições climáticas mais agrestes presentes na sementeira da segunda cultura de milho e a instalação mais tardia do sistema de rega. Também a uma polinização menos eficiente não contribuiu para que esta segunda cultura conseguisse atingir o seu potencial produtivo.

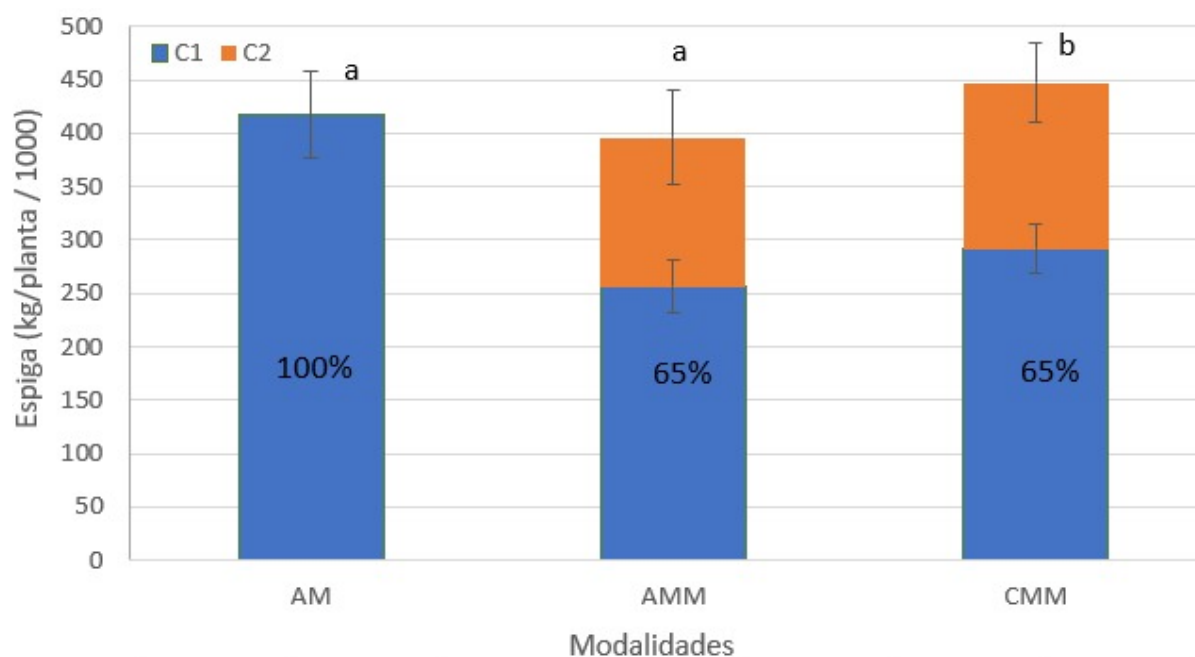


Figura 16. Comparação da produtividade das espigas nas diferentes modalidades de sucessão de culturas: AM Azevém-Milho, AMM sucessão Azevém-Milho-Milho e CMM sucessão Cereal de inverno-Milho-Milho. A primeira e segunda cultura de milho na sucessão (AMM e CMM) são representadas por C1 e C2 respetivamente. Barra vertical representa o desvio padrão. Colunas assinaladas com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Duncan ($p < 0,05$).

Qualidade

Na tabela 9 estão descritos os resultados da análise de qualidade à silagem de milho colhida nas diferentes modalidades.

De entre os diversos parâmetros analisados destacam-se o teor em amido que difere bastante entre modalidades, nomeadamente, nas modalidades AMM_C1 e CMM_C1 é mais elevado do que nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2. Estes resultados podem estar relacionados com a colheita mais precoce da segunda cultura de milho onde a espiga ainda se encontrava no estágio fenológico R4.

Tabela 9 - Parâmetros de qualidade nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Parâmetro	AM	AMM_1	CMM_1	AMM_2	CMM_2
Matéria Seca (%)	41,6	40,4	40,9	42,9	42,9
pH (25°C)	3,90	4,72	4,50	3,96	3,96
Cinza Total (%MS)	3,3	3,0	3,0	3,2	3,2
Proteína Bruta (%MS)	6,76	7,32	7,66	6,58	6,58
Fibra Neutro-Detergente (%MS)	42,3	40,6	39,5	47,1	47,1
Fibra Ácido-Detergente (%MS)	23,0	17,3	16,6	24,4	24,4
Amido (%MS)	35,2	36,8	38,0	31,5	31,5
ENL (Mcal/Kg MS)	18,8	17,3	16,2	20,4	20,4
Fibra Bruta (%MS)	70,1	70,7	71,1	66,4	66,4
DMO (%MS)	1,56	1,59	1,60	1,47	1,47
UFL (UFL/Kg MS)	0,92	0,94	0,94	0,87	0,87
UFC (UFC/Kg MS)	0,82	0,84	0,85	0,76	0,76
PDIE (%MS)	6,63	7,15	7,18	6,33	6,33
PDIN (%MS)	4,15	4,5	4,71	4,04	4,04

Legenda: AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho. MS - Matéria Seca; ENL - Energia Net Leite; DMO - Digestibilidade Matéria Orgânica; UFL - Unidades Forrageiras Leite; UFC - Unidades Forrageiras Carne; PDIE - Proteína Digestível no Intestino limitada pela Energia; PDIN - Proteína Digestível no Intestino limitada pelo Azoto.

7. Análise económica

Na tabela 10 estão descritos os custos de todas as operações realizadas em cada modalidade. Na componente da rega, foram estipulados os custos por ha alterando apenas a componente da energia consumida, pois as outras componentes são fixas independentemente da área. Assim, a componente da energia/ha para a modalidade AM o valor foi de 256,51 €, para a modalidade AMM e CMM o valor foi de 272,70 €. Assim sendo, os valores totais serão a soma das três componentes, custo da fita, aluguer do contador e energia gasta perfazendo os seguintes valores, para a modalidade AM o valor foi de 742,45 € e para as modalidades AMM e CMM foi de 797,18 €. Na modalidade AM, o custo total foi de 2290,35 €/ha. É de destacar que as operações mais dispendiosas foram a fertilização e a rega que em conjunto representam mais de 50% dos custos. Nas modalidades AMM e CMM, o custo total foi de 3598,06 €/ha. Nestas modalidades, para além dos custos de fertilização e rega elevados, também o custo da sementeira foi relevante, representando 18,95 % do orçamento total das modalidades. Os custos das modalidades AMM e CMM, quando comparados com a modalidade AM foram cerca de 57% mais elevados.

Tabela 10 - Distribuição dos custos por operações de instalação e manutenção da cultura do milho nas modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão culturas	AM	%	AMM	%	CMM	%
Preparação do solo	120,00	5,24	170,00	4,72	170,00	4,72
Fertilização	718,00	31,35	1156,50	32,14	1156,50	32,14
Sementeira	313,32	13,68	681,82	18,95	681,82	18,95
Controlo de Infestantes	146,58	6,40	293,16	8,15	293,16	8,15
Rega	742,45	32,42	797,18	22,15	797,18	22,15
Colheita	250,00	10,91	500,00	13,89	500,00	13,89
Total	2290,35	100	3598,06	100	3598,06	100

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

A tabela 11 apresenta os custos de todas as operações realizadas em cada modalidade subdivididos por cada cultura instalada. Verificou-se que a segunda cultura das modalidades AMM e CMM, quando comparada com a modalidade AM teve um custo de 182,54 €/ha inferior, tendo gerado um custo total de 1906,58 €/ha. Esta diferença de preço pode ser explicada em grande parte pelo menor gasto de fertilizante. Ainda, comparando as três modalidades instaladas, a AM é a mais dispendiosa das três, principalmente na componente da rega onde chega a ser 229,32 €/ha mais cara do que a primeira cultura das modalidades AMM e CMM.

Tabela 11 - Mapa de custos de produção por cultura de milho para as modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão culturas	AM	AMM_C1	AMM_C2	CMM_C1	CMM_C2
Preparação do solo	120,00	120,00	50,00	120,00	50,00
Fertilização	718,50	718,50	438,00	718,50	438,00
Sementeira	313,32	340,91	340,91	340,91	340,91
Controlo de Infestantes	146,58	146,58	146,58	146,58	146,58
Rega	742,45	513,13	681,19	513,13	681,19
Colheita	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Total	2290,85	2089,12	1906,58	2089,12	1906,58

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho.

Na tabela 12 estão agregado os resultados de produtividade deste ensaio em indicadores, nomeadamente o custo por tonelada de matéria verde por hectare, o custo por tonelada de matéria seca por hectare e o custo por tonelada de amido por hectare. Verificou-se que em termos de custo de produção de matéria verde a modalidade AM (31,48 €/ton) apresenta menores custos de produção, seguida da modalidade CMM (38,86 €/ton), sendo os maiores custos de produção na modalidade AMM (54,84 €/ton). Esta discrepância de custos entre as modalidades AMM e CMM pode ser explicada pela produção de matéria verde 12% superior da modalidade CMM.

A matéria seca produzida é um indicador mais universal e passível de ser comparado, no entanto a discrepância entre os custos da produção e a produtividade aumentam ainda mais o fosso entre modalidades. Assim sendo, por um lado a modalidade AM apresenta um custo por tonelada de matéria seca foi de 75,68 €, por outro a modalidade AMM_C1 apresenta um custo de 134,09 €/ton.

O teor em amido é um parâmetro indicador de qualidade e um ingrediente caro de comprar. No caso de estudo a modalidade AM foi a que permitiu obtê-lo de forma mais barata custando 214,99 €/ton.

O conjunto das três modalidades estudadas (AM, AMM e CMM) apresentaram valores mais aproximados umas das outras, mas ainda assim, em termos de matéria verde, o aumento de 21 % da produção na modalidade CMM em relação à AM acarreta também um aumento do custo de produção de 19 %.

$$\text{Custo de produção da MV} = (\text{Custo total da modalidade}) / (\text{Produção de MV})$$

$$\text{Custo de produção da MS} = (\text{Custo total da modalidade}) / (\text{Produção de MS})$$

$$\text{Custo de produção do Amido} = (\text{Custo total da modalidade}) / (\text{Produção de amido})$$

$$\text{Eficiência do uso da água (MS)} = (\text{Produção de MS}) / (\text{Quantidade de água adicionada})$$

$$\text{Eficiência do uso da água (Amido)} = (\text{Produção de Amido}) / (\text{Quantidade de água adicionada})$$

Tabela 12 - Mapa de custos de produção indexados à produtividade e qualidade do milho para as modalidades de sucessão de culturas estudadas.

Sucessão culturas	AM	AMM_C1	AMM_C2	AMM	CMM_C1	CMM_C2	CMM
MV (€/kg*1000)	31,48	43,77	54,84	43,61	38,86	49,45	38,97
MS (€/kg*1000)	75,68	108,33	134,09	107,39	90,57	115,27	90,85
Amido (€/kg*1000)	214,99	294,38	425,68	287,84	238,35	365,95	288,40
L de água / kg*1000 de MS	65 913	31 484	108 781	64 290	26 322	95 518	54 385
L de água / kg*1000 de Amido	187 252	85 554	345 338	186 076	69 269	296 884	154 127

AM - sucessão Azevém, Milho. AMM - sucessão Azevém, Milho, Milho. CMM - sucessão Cereal, Milho, Milho. C1 e C2, 1º e 2º ciclo intra-anual de milho. MV - matéria verde. MS - matéria seca.

No caso de uma exploração agrícola com SAU de 30 ha trata-se de um aumento de produção de 586 toneladas de matéria verde por mais 39216 € de investimento.

8. Discussão

Neste estudo foram implementadas duas sucessões intra-anuais milho-milho encadeada com cereais imaturos (CMM) e a azevém milho-milho (AMM) que foram comparadas com o sistema convencional da região baseado na sucessão milho-azevém (AM). O custo de produção da modalidade AM foi de 2 290,35 €/ha, valor que foi 1 307,71 €/ha mais reduzido do que as modalidades AMM e CMM que custaram 3598,06 €/ha. Esta diferença de custo nas modalidades AMM e CMM pode ser explicada pela duplicação da generalidade dos custos fixos como a sementeira, rega e a colheita. No entanto, houve outros parâmetros cujo custo foi mais reduzido na instalação da segunda cultura de milho tal como a mobilização do solo, a fertilização e a reutilização do material de rega.

A produtividade da sucessão CMM apresentou uma produção média de matéria verde significativamente superior às restantes modalidades testadas (AM e AMM), cerca de 92 ton/ha e as modalidades AMM e AM apresentaram uma produção de 82,5 e 73 ton/ha, respetivamente. Estas diferenças produtivas da modalidade CMM em relação às restantes pode ser explicada pela maior disponibilidade de nutrientes deixados pela cultura de inverno, pois novembro de 2022 foi um mês muito chuvoso e levou a um fraco desenvolvimento da cultura do tritcale, sendo que esta apenas germinou e assim permaneceu até meados de fevereiro. Tendo em conta que a colheita desta cultura foi precoce, pois a primeira cultura de

milho foi instalada a 30 de março, o seu curto período de desenvolvimento não terá extraído tantos nutrientes como a cultura do azevém que se conseguiu desenvolver melhor desde novembro de 2022 e foi mais produtiva do que a cultura de tritcale. A modalidade AM apresentou valores de produção dentro do expectável para variedade e para a região, apesar da produção média da região do Entre Douro e Minho ser de 57 ton/ha (INE, 2023).

A qualidade da forragem produzida varia de modalidade para modalidade e dentro das modalidades AMM e CMM entre a primeira e a segunda cultura. Darby e Lauer (2002), afirmam que híbridos de milho de ciclos entre 400 e 600 obtêm produtividade máxima em matéria seca total e de produção de leite por hectare (UFL), quando as plantas são colhidas com teor de matéria seca da planta de cerca de 42%, o que se verificou em todas as modalidades, variando de 40,4 nas primeiras colheitas das modalidades AMM e CMM até 42,9 nas segundas colheitas das mesmas modalidades. O amido é a componente energética que se pretende obter ensilagem da planta inteira do milho e por ser um hidrato de carbono não-fibroso com degradação rápida no rúmen dos bovinos. A maior ou menor percentagem de amido na silagem de milho determina a necessidade de acrescentar ou não mais energia aos alimentos concentrados para converter em leite. O intervalo ideal de amido na silagem encontra-se entre 27 e 35 % pelo que quanto maior o valor, maior a quantidade de fibra é necessária acrescentar ao bolo alimentar. As modalidades AMM_C1 e CMM_C1 são as que apresentam os valores de amido mais elevados em relação às outras modalidades, nomeadamente 36,8 e 38,0 %/MS, respetivamente. Estes valores são interessantes do ponto de vista de um produtor de leite, pois não necessitará de um concentrado tão rico em energia para alimentar os animais e por isso será menos dispendioso. Por outro lado, nas modalidades AMM_C2 e CMM_C2, o teor em amido foi de 31,5 %/MS, que apesar de ser um valor mais reduzido ainda se encontra dentro dos parâmetros de qualidade de uma silagem normal, tal como a modalidade AM que apresenta um teor de 35,2 %/MS.

A água necessária nas modalidades AM, AMM e CMM para obter as produções desejáveis foi de 1 995, 2 153 e 2 153 m³, respetivamente. A maior eficiência da água utilizada para produzir 1 ton de MS foi obtida na modalidade CMM onde foram necessários 54 m³/ton, sendo que dentro da modalidade, a primeira cultura instalada foi muito mais eficiente, necessitando apenas de 26 m³/ton. Esta maior eficiência pode ser explicada pelas chuvas de primavera e temperatura mais amena a que a primeira sementeira esteve sujeita e por isso necessitou de menor quantidade de água de rega. Comparando a modalidade AM com as modalidades AMM e CMM, a AM foi a menos eficiente, necessitando de 66 m³/ton de MS, 1 m³/ton a mais que a modalidade AMM e 12 m³/ton do que a modalidade CMM.

Os custos de produção estão intrinsecamente ligados aos custos gerados pelos equipamentos agrícolas necessários para a preparação e manutenção do solo, a condução e colheita de cada cultura ao longo do ano agrícola. Assim, as modalidades com susceções mais longas (AMM e CMM) promovem uma maior utilização anual dos equipamentos com impacto ao nível dos custos fixos dos mesmos. Embora não tenha sido incluído neste trabalho esta maior amortização dos custos fixos, à medida que aumenta o volume de trabalho ou a utilização anual dos equipamentos, o custo fixo médio diminui.

O armazenamento e aplicação dos chorumes é atualmente um problema de grande impacto na região pela imposição de diversos limites à sua utilização. As sucessões de culturas mais longas permitem um melhor e mais eficiente uso do chorume, nomeadamente pela possibilidade de distribuí-lo em três fases distintas ao longo do ano reduzindo assim os riscos associados à sobredosagem e à aplicação em épocas com maior risco de arrastamento pela água da chuva. Para além disso, ainda permite melhorar a eficiência do uso do azoto pela cultura, pela sua aplicação escalonada no tempo o que pode abrir a discussão sobre os valores máximos de aplicação anual permitidos.

A utilização de sucessões mais longas permite uma distribuição de trabalho ao longo do tempo o que poderá ser relevante para uma exploração agrícola onde possam coexistir as modalidades de sucessão tradicional AM e CMM. Neste caso a sementeira mais precoce da C1, colheita de C1 e sementeira de C2 e Colheita de C2 em épocas de menor trabalho na exploração permitem uma maior eficiência no uso de recursos e da terra.

Ambas as sucessões foram conduzidas com igual densidade e geometria de sementeira na cultura do milho. Todavia, os resultados obtidos apontam para vantagens de uma sementeira da cultura de milho nas sucessões AMM e CMM com uma densidade mais elevada. Em trabalhos futuros seria relevante ensaiar várias densidades ou até variedades de ciclo FAO diferente nas C1 e C2. O aumento da densidade poderá permitir um melhor controlo das infestantes e maior produtividade sem perda de qualidade da forragem. Também seria interessante para além da eficiência do uso de água analisar outros parâmetros como a eficiência do uso do azoto e o sequestro de carbono associado a estas práticas de sucessões mais longas.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi estudado o desempenho das sucessões de culturas azevém – milho, azevém – milho – milho e tritcale – milho – milho em sistemas forrageiros intensivos da região do noroeste Atlântico português.

A sucessão CMM apresenta uma produção média de matéria verde significativamente superior às restantes modalidades testadas (AM e AMM), nomeadamente 27% superior à modalidade AM. Sendo que, entre as modalidades AM e AMM, esta última é significativamente mais produtiva do que a modalidade AM, 13% mais produtiva.

A modalidade de sucessão CMM, quando comparada com a modalidade AM tem uma produtividade de MS 31% mais elevada. Os indicadores de qualidade são semelhantes em ambas as modalidades. Todavia, o custo de produção é cerca de 36% mais baixo na modalidade AM.

A sucessão CMM apresenta uma produção média de amido 31% superior às modalidades AM e 20% superior à modalidade AMM. Embora o custo de produção seja na modalidade AM 31 e 16% mais reduzido do que nas modalidades AMM e CMM, respetivamente.

As modalidades de sucessão AMM e CMM, quando comparadas com a modalidade AM têm um consumo de água 8% mais elevado. No entanto, quando indexado à produção de MS, a modalidade CMM é 15 e 17% mais eficiente do que nas modalidades AMM e AM, respetivamente. Quando indexado à produção de amido, a modalidade CMM é 17% mais eficiente do que nas modalidades AMM e AM, respetivamente.

Concluindo, no que respeita à produtividade e qualidade forrageira, a modalidade CMM é mais interessante e produtiva do que a AM, no entanto acarreta mais custos de produção. Idealmente, integrar esta nova técnica cultural em explorações agrícolas com SAU reduzida pode ser vantajoso do ponto de vista da autossuficiência alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, S., Akmal, M., Asim, M., & Abdul, R. (2012). Maize growth and yield in Peshawar under changing climate. *Pakistan Journal of Botany*, 44(6), 1933-1938. <http://www.pakbs.org/.../16.pdf>.
- Agrogarante. (2022). *Análise Sectorial Subsetor – Milho Março 2022*. https://www.agrogarante.pt/fotos/noticias/analise_setorial_milho_1219584787624d7b8ee713d.pdf (Recuperado a 2022-12-20).
- Araújo, A. (2022). *Avaliação do valor fertilizante de chorume suíno na substituição da fertilização mineral de N e P na cultura do milho* [Tese de Doutoramento]. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.
- Barros da Costa, C. (2017). *Alternativas para o sistema de preparação do solo na cultura do milho para silagem na região do Entre Douro e Minho: análise agronómica e económica* [Relatório Final de Licenciatura]. Universidade do Porto.
- Bk, A., Shrestha, J., & Subedi, R. (2016). Grain yield and yield attributing traits of maize genotypes under different planting dates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(2), 06-08. <http://doi.org/10.26480/mjsa.02.2018.06.08>.
- Coixão, A. (2018). *Estudo de parâmetros agronómicos e nutricionais de variedades de milho forragem* [Relatório Final de Curso]. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Costa, A. (2023). *Milho: fundamental aumentar o autoaprovisionamento*. AGRITERRA. <https://www.agriterra.pt/Artigos/480808-Milho-fundamental-aumentar-o-autoaprovisionamento.html> (Consultado a 2023-12-20).
- Dan, G., Li, R., Zhou, Y., Ming, N., Cao, G., Meng, F., & Ming, O. (2020). Innovation of the double-maize cropping system based on cultivar growing degree days for adapting to changing weather conditions in the North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(12), 2997-3012. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63213-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63213-0).
- Darby, H., & Lauer J. (2002). Harvest Date and Hybrid Influence on Corn Forage Yield, Quality, and Preservation. *Agronomy Journal* 94(02), 559–566. http://corn.agronomy.wisc.edu/Pubs/JL_JournalArticles/94-559.pdf.
- Freire, D. & Faísca, C. (2021). *Regional agricultural statistics in Portugal (19th and 20th centuries): sources, problems and historiography*. Universidade de Coimbra, Centro de

Estudos

Interdisciplinares.

<https://baes.uc.pt/bitstream/10316/95937/1/Estat%C3%ADsticas%20agr%C3%ADcolas%20regionais%20em%20Portugal%20%28s%C3%A9culos%20XIX%20a%20XXI%29%20%282021%29.pdf> (Recuperado a 2022-12-20).

Freitas, M. (2019). *Impacto da data de sementeira na produtividade do milho forrageiro (Zea mays L.)* [Dissertação de Mestrado]. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

INE – Instituto Nacional de Estatística. (2023). *Produtividade das principais culturas agrícolas (kg/ha) por localização geográfica (Região agrícola) e Espécie; Anual (1)*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000023&contexto=bd&selTab=tab2 (Recuperado a 2023-11-06)

Stocker, F., Qin, D., Plattner, M., Tignor, S., Allen, J., Boschung, A., Nauels, Y., Xia, V., Bex, M., & Midgley, P. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

Leme da Silva, A., Theodoro, S., & Meyer, G. (2021). *Reflexões sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural: Volume II* (1.^a Edição). Editora e Livraria Appris Ltda. ISBN 978-65-5820-913-3.

Liu, B., Liu L., Tian, L., Cao, W., Zhu, Y., Asseng, S. (2014). Post-heading heat stress and yield impact in winter wheat of China. *Global Change Biology* 20(2), 372-381. <https://doi.org/10.1111/gcb.12442>.

Magalhães, P., & Durães, F. (2006). *Fisiologia da produção de milho*. Infoteca.cnptia.embrapa.br. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf> (Recuperado a 2022-12-20).

McDonald, P., & Edwards, R. A. (1976). *The influence of conservation methods on digestion and utilization of forages by ruminants*. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35(2), 201-211

Meza, F., & Vigil, D. (2008). Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: Evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. *Agricultural Systems* 98(1), 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.005>.

Meteostat. (2023). *Porto/Pedras Rubras*. <https://meteostat.net/pt/station/08545?t=1993-01-01/2023-01-01>

- Moreira, R. (2018). *Conheça quais são as 5 principais pragas na cultura do milho*. A CIÊNTISTA AGRÍCOLA. https://acientistaagricola.pt/pragas-no-milho/?doing_wp_cron=1698774334.1867210865020751953125 (Recuperado a 2022-12-20).
- Paes, V. (2012). *Análise da variabilidade espaço-temporal da produtividade de milho numa parcela na região da Golegã* [Tese de Doutoramento]. Universidade Técnica de Lisboa.
- Recasens, J., & Conesa, J. A. (2021). *Malas hierbas en plántula. Nueva edición revisada y ampliada: Guía de identificación*. (Segunda edición). Universitat de Lleida. ISBN 978-84-9144-329-2.
- Santos, L., Ferreira, F., Pimenta, R., Sousa, A., Botelho, M., Canaveira, D., Fernandes, A., Mira, L., Santos, P., Gonçalves, I., Carlos, C., Amador, R., Pacheco, F., Nunes, J., Ribeiro, L., Perdigão, A., Pereira, J., Trindade, H., Calvário, R., ..., Ferreira, C. (2019). *Repostas às Alterações Climáticas. Agricultura, Florestas e Territórios Rurais* (8.^a Edição). DGADR/Rede Rural Nacional. ISSN 2182-8172.
- Shenga, J. (2019). *Efeito das características hidrológicas do solo e da época de sementeira no rendimento de duas variedades de Milho (Zea mays L.)*. [Dissertação de Mestrado]. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Silva, A., Ferreira, M., de Andrade, M., & Costa, M. (2016). Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(3), 383-394. <https://doi.org/10.19084/RCA15117>.
- Syngenta, (2021). *Syngenta apresenta soluções inovadoras e sustentáveis*. AGROTEC revista técnico-científica agrícola. <http://www.agrotec.pt/noticias/syngenta-apresenta-solucoes-inovadoras-e-sustentaveis-na-agroglobal/> (Recuperado a 2022-12-20).
- Souza, L. (2015). *A produção de milho em Portugal*. AGROnegócios@.eu. <http://www.agronegocios.eu/noticias/a-producao-de-milho-em-portugal/> (Recuperado a 2022-12-20).
- Veloso, A., Vaz, E., Almeida, J., & Rodrigues, A. (2018). Produção de azevém anual: diploide e tetraploide em monoculturas e mistura binária. *Ruminantes*, (23) 22-24. <http://hdl.handle.net/10400.11/6584>.

ANEXOS

Anexo 1

Avaliação dos fatores que influenciam a produtividade, teor de clorofilas e altura das plantas de milho.

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Prod_MV

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	16297,940 ^a	11	1481,631	46,672	,000
Intercepto	118285,995	1	118285,995	3726,067	,000
Modalidade	9073,598	4	2268,399	71,456	,000
Tipo_Colheita	86,944	1	86,944	2,739	,102
Bloco	14,994	2	7,497	,236	,790
Modalidade * Tipo_Colheita	4,755	4	1,189	,037	,997
Padrão	2476,152	78	31,746		
Total	239455,020	90			
Total corrigido	18774,092	89			

a. R Quadrado = ,868 (R Quadrado Ajustado = ,850)

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Clorofila

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	17798,439 ^a	179	99,433	3,078	<,001
Intercepto	2001753,361	1	2001753,361	61965,262	,000
DAS	3887,779	5	777,556	24,070	<,001
Modalidade	3618,922	4	904,731	28,006	<,001
Bloco	101,296	2	50,648	1,568	,209
Zona	146,410	1	146,410	4,532	,034
DAS * Modalidade	880,438	20	44,022	1,363	,133
DAS * Bloco	164,784	10	16,478	,510	,884
DAS * Zona	2703,637	5	540,727	16,738	<,001
Modalidade * Bloco	355,671	8	44,459	1,376	,203
Modalidade * Zona	628,962	4	157,241	4,867	<,001
Bloco * Zona	111,527	2	55,763	1,726	,179
DAS * Modalidade * Bloco	1054,849	40	26,371	,816	,784
DAS * Modalidade * Zona	1446,158	20	72,308	2,238	,002
DAS * Bloco * Zona	706,927	10	70,693	2,188	,017
Modalidade * Bloco * Zona	448,218	8	56,027	1,734	,087
DAS * Modalidade * Bloco * Zona	1542,862	40	38,572	1,194	,195
Padrão	23259,200	720	32,304		
Total	2042811,000	900			
Total corrigido	41057,639	899			

a. R Quadrado = ,433 (R Quadrado Ajustado = ,293)

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Altura

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	23546753,08 ^a	209	112663,890	1683,652	,000
Intercepto	56366543,076	1	56366543,076	842342,930	,000
DAS	21080430,054	15	1405362,004	21001,762	,000
Bloco	782,061	2	391,031	5,844	,003
Modalidade	564240,174	4	141060,043	2108,005	,000
DAS * Bloco	2452,189	30	81,740	1,222	,189
DAS * Modalidade	315198,340	50	6303,967	94,207	,000
Bloco * Modalidade	1071,897	8	133,987	2,002	,043
DAS * Bloco * Modalidade	2412,403	100	24,124	,361	1,000
Padrão	196734,169	2940	66,916		
Total	79027762,200	3150			
Total corrigido	23743487,249	3149			

a. R Quadrado = ,992 (R Quadrado Ajustado = ,991)

Anexo 2

Protocolo de instalação dos sensores Watermark

Sensores de humidade WATERMARK

Seleção dos locais

Os sensores WATERMARK devem ser instalados em locais que sejam bem demonstrativos dos que vão ser controlados. Quando se utiliza o sistema WATERMARK são possíveis até quatro pontos de controlo, que se podem localizar: na turfa, nos arbustos e em **áreas completamente expostas ao sol**; nos arbustos e em **locais sombrios**; ou perto de válvulas gotejadoras. Quando se usam os sensores para controlar válvulas individuais (módulo electrónico WATERMARK- WEM), os sensores devem ser colocados na zona irrigada pela válvula individual que se pretende controlar.

Instalação do WATERMARK

Os medidores WATERMARK são instalados abaixo do solo com dois sensores próximos da raiz activa da turfa ou planta a ser monitorizada. A profundidade e localização varia de acordo com a profundidade da raiz da turfa ou planta.

Profundidades típicas de instalação	
Turfa com raízes superficiais	De 2" a 5" (nas raízes);
Turfa com raízes profundas	De 6" a 8" (nas raízes);
Arbustos / áreas cobertas	De 8" a 14" (nas raízes);
Árvores	De 16" a 24" (nas raízes).

Como instalar

Passo 1: Embeba os sensores WATERMARK em água antes da instalação. Deve-se instalar os sensores sempre molhados.

Passo 2: Para plantas com raízes a menos de 12" ou com raízes a mais de 12" de profundidade, mas com valores ligeiramente variáveis (árvores ou arbustos muito enraizados), os sensores devem estar distanciados cerca de 4" a 6" uns dos outros, mas à mesma profundidade (consultar profundidades típicas de instalação). A utilização de dois sensores permite uma leitura "média" que regula a rega conforme as necessidades. Os cabos dos sensores correm por debaixo da terra junto da caixa de ligações, que deve localizar-se a 2-3 pés de distância dos sensores.

Passo 3: Instale a caixa de ligações ("Ametek #182001/2 Econo Box" ou similar) a cerca de 2-3 pés da localização do sensor e faça uma escavação desde a caixa até ao sensor, para que consiga passar os cabos de ligação.

Passo 4: Faça uma cova de acordo com a profundidade recomendada para a instalação do sensor (consultar profundidades típicas de instalação). Coloque os dois sensores a uma distância de 4"-6", empurrando-os para o fundo da abertura com um tubo em PVC de 1/2". Assegure-se de que os sensores são instalados junto das raízes activas da turfa, dos arbustos ou das árvores. O sensores **têm de estar** firmemente acondicionados no solo.

Passo 5: Cubra bem os sensores por forma a garantir um encaixe resguardado e ligue os cabos do sensor à caixa de ligações. Agora tape a vala feita para o cabo do sensor.

Passo 6: Separe os dois condutores para cada sensor e aplique uma faixa de isolamento de modo a que ligação fique impermeável.

Passo 7: Se estiver a utilizar o sistema de controlo da humidade do solo WATERMARK, consulte o esquema B acerca da conexão dos sensores dentro da caixa de ligações. Por outro lado, se estiver a utilizar o módulo electrónico WATERMARK (WEM) para o controlo individual de válvulas, consulte o esquema de ligações WEM para conectar sensores dentro do sistema de alojamento do WEM. Complete as ligações utilizando cabos impermeáveis. Nota: Os sensores são ligados **em série**.

Passo 8: Agora já pode ajustar o seu controlador de rega à utilização de sensores da humidade do solo WATERMARK.



PASSO 1



PASSO 4








1

Sensores de humidade WATERMARK

Sistema de controlo da humidade no solo WATERMARK

Instruções de ligação

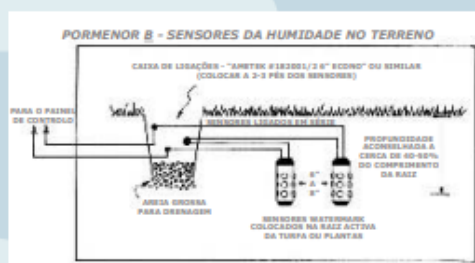
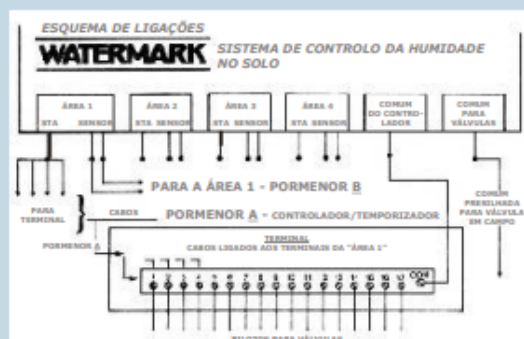
Passo 1: Monte o painel de controlo da humidade junto ao controlador de rega. Remova as protecções da parte inferior do painel de controlo da humidade. Cada uma das quatro áreas sujeitas ao controlo da humidade tem três cabos (dois cabos verdes para os sensores e um cabo preto para a válvula) e existem também dois cabos para prender ao cabo comum da válvula.



Passo 2: Cada área sujeita ao controlo da humidade tem o seu próprio par de sensores de humidade (medição da humidade). Cada medidor de humidade necessita de duas ligações desde os sensores em campo até ao painel de controlo. Estas ligações devem ser facilmente agrupadas em "Sensores área 1", "Sensores área 2", etc. para facilitar o arranjo final. Os cabos dos sensores são conectados aos dois cabos verdes com o nome SENSOR, no painel de controlo de humidade, tendo em conta a área ou grupo de válvulas a ser controlado.

Passo 3: O painel de controlo da humidade vem com 12 ou 24 estações, dependendo do modelo (WFZ-12 ou WFZ-24). Estes cabos são usados para ligar o painel de controlo da humidade ao terminal da válvula controladora de rega. Liga-se o cabo a partir de cada válvula ao cabo preto correspondente à área que se deseja controlar (por exemplo, todas as válvulas da turfa à área 1). A extremidade negra do cabo **tem de ser** ligada ao cabo negro do controlo da humidade, denominado por STA (para prevenir uma contra alimentação da corrente).

A válvula de ligação comum instalada no terreno liga-se ao cabo vermelho COMMON TO VALVES no painel de controlo da humidade. Para completar as ligações, ligue o fio branco do painel de controlo da humidade chamado de COMMON FROM CONTROLLER ao terminal de ligação comum do controlador de rega.



Luzes indicadoras

Cada painel de controlo da humidade vem equipado com luzes indicadoras para tornar o equipamento fácil de usar e fácil de compreender. Com o interruptor de by-pass do sensor na posição MANUAL, nenhuma destas luzes se acenderá. Isto significa que os sensores não estão a ser "lidos" e o controlador de rega funcionará tal como o programado.

Com o by-pass do sensor em AUTO, sempre que cada válvula for iniciada, a luz indicadora da área a que essa válvula está conectada acender-se-á. Se o sensor estiver mais seco do que os valores de humidade determinados para essa área, dar-se-á a rega e a luz indicadora por cima de SENSOR BYPASS aparecerá. Se o sensor estiver mais húmido do que os níveis de humidade fixados, esta luz não surgirá e a rega não ocorrerá (já que não é necessária mais água, a rega é impedida).