



Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Escola Superior Agrária

**ANALISAR E ESTIMAR O STRESS HÍDRICO DO KIWI COM
BASE EM IMAGENS AÉREAS E EM RADIOMETRIA DE CAMPO**

Mestrado em Engenharia Agronómica

Bruno Manuel Cerqueira Carvalho

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Cláudio Alexandre da Costa Araújo Paredes

Professora Doutora Maria Isabel Valín Sanjiao

Refóios do Lima, agosto de 2023

ÍNDICE

Resumo	iv
Abstract.....	v
Agradecimentos	vi
Lista de Abreviatura e Símbolos	vii
Lista de Quadros	viii
Lista de Figuras	ix
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e Justificação do Tema	1
2. A Cultura da <i>Actinídea</i>	2
2.1. Contexto Internacional.....	2
2.2. Contexto Nacional	3
2.2.1. Importância Económica da Cultura da <i>Actinídea</i>	3
2.3. Necessidades Edafo-Climáticas	5
2.3.1. Solo.....	5
2.3.2. Clima	6
2.4. Ciclo Fenológico da Cultura, Condução, Operações Culturais, Variedades	9
2.4.1. Ciclo Fenológico	9
2.4.2. Condução da Cultura.....	11
2.4.3. Operações Culturais	12
2.4.4. Variedades.....	13
2.5. Pragas e Doenças	14
2.5.1. Podridão radicular	14
2.5.2. Esca (doença do lenho)	15
2.5.3. Cancro Bacteriano (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Actinidiae</i>)	15
2.5.4. Podridão Cinzenta (<i>Botrytis cinerea</i>).....	15
3. A Espectroscopia de Campo.....	16
3.1. Princípios e Fundamentos	16
3.2. Equipamentos e Técnicas.....	19
3.3. O uso da Espectroscopia na Agricultura	20
4. Material e Métodos	23
4.1. Área de Trabalho e Delineamento Experimental.....	23
4.2. Caracterização do Meio Físico	26
4.2.1. Fisiografia.....	27
4.2.2. Caracterização edafo-climática	27

4.2.3. Solos e aptidão da terra	28
4.3. Espectro-Radiometro de Campo e Camara Scholander.....	29
4.4. Cálculo do Potencial Hídrico de Ramo e Extração das Curvas Espectrais.....	30
4.5. Análise de Regressão	31
4.6. Calibração e Validação	33
4.7. Análise Parcial de Mínimos Quadrados.....	34
5. Apresentação e Análise de Resultados	37
5.1. Resultados dia T1.....	37
5.1.1. NDVI.....	39
5.1.1. Refletância vs. Potencial	40
5.1.2. VIS vs. Potencial	41
5.1.3. NIR Vs Potencial.....	42
5.1.4. SWIR Vs Potencial	42
5.1.5. Validação dos Dados.....	42
5.2. Resultados dia T2.....	43
5.2.1. NDVI.....	45
5.2.2. Refletância vs. Potencial	45
5.2.3. VIS vs. Potencial.....	46
5.2.1. NIR Vs Potencial.....	46
5.2.2. SWIR Vs Potencial	47
5.2.3. Validação dos Dados.....	47
5.3. Resultados dia T3.....	48
5.3.1. NDVI.....	49
5.3.2. Refletância vs. Potencial	50
5.3.3. VIS vs. Potencial.....	50
5.3.1. NIR Vs Potencial.....	51
5.3.2. SWIR Vs Potencial	51
5.3.3. Validação dos Dados.....	51
5.4. Resultados dia T4.....	52
5.4.1. NDVI.....	53
5.4.2. Refletância vs. Potencial	54
5.4.3. VIS vs. Potencial.....	54
5.4.1. NIR Vs Potencial.....	55
5.4.2. SWIR Vs Potencial	55
5.4.3. Validação dos Dados.....	56

5.5. Resultados dia T5.....	56
5.5.1. NDVI.....	58
5.5.2. Refletância vs. Potencial	58
5.5.3. VIS vs. Potencial	59
5.5.4. NIR Vs Potencial.....	59
5.5.5. SWIR Vs Potencial	60
5.5.6. Validação dos Dados.....	60
5.6. Resultados dia T6.....	60
5.6.1. NDVI.....	62
5.6.2. Refletância vs. Potencial	62
5.6.3. VIS vs. Potencial	63
5.6.1. NIR Vs Potencial.....	63
5.6.2. SWIR Vs Potencial	64
5.6.3. Validação dos Dados.....	64
5.7. Resultados dia T7.....	64
5.7.1. NDVI.....	67
5.7.2. Refletância vs. Potencial	68
5.7.3. VIS vs. Potencial	68
5.7.1. NIR Vs Potencial.....	68
5.7.2. SWIR Vs Potencial	69
5.7.3. Validação dos Dados.....	69
5.8. Análise Geral dos Dados.....	71
5.8.1. NDVI.....	74
5.8.2. Refletância vs. Potencial	75
5.8.3. VIS vs. Potencial	76
5.8.1. NIR Vs Potencial.....	77
5.8.2. SWIR Vs Potencial	77
5.8.3. Validação dos Dados.....	78
6. Considerações Finais	80
7. Referencias Bibliográficas.....	82

Resumo

O presente trabalho teve como principais objetivos: i) calcular o potencial de ramo; ii) compará-lo com a radiometria de campo; iii) comparar com imagens aéreas/satélite usando diversos índices de vegetação; iv) avaliar a capacidade das imagens aéreas/satélite, assim como a espectroscopia de campo, para auxiliar nos planos de rega e na tomada de decisões agronômicas. O estudo foi conduzido durante o ciclo fenológico de 2022 e uma amostra de 2023 numa parcela de *actinídea* em produção, em Briteiros São Salvador, da variedade Hayward. Foram recolhidos dados do potencial hídrico de campo, bem como das assinaturas espectrais de todas as amostras, e foram utilizadas imagens de satélite dos dias de recolha das amostras para calcular o valor de NDVI, a fim de acompanhar a evolução do vigor vegetativo da parcela.

Na parcela, foram implementadas quatro estratégias de rega: i) rega deficitária com azoto deficitário; ii) rega completa com azoto deficitário; iii) rega completa com azoto completo; e iv) rega deficitária com azoto completo. Foram recolhidos dados em seis dias diferentes em 2022 e um dia em 2023, todos seguindo a mesma lógica e estratégia de recolha. Estes dados foram posteriormente processados e analisados.

Com base nos dados recolhidos, foi possível identificar algumas correlações interessantes. Contudo, devido aos desafios enfrentados na parcela, nem todos os dados corresponderam às expectativas do estudo. A análise revelou que a parcela não oferece as melhores condições para este tipo de estudo, visto que possui um lençol freático muito superficial, o que resultou em pequenas diferenças entre as leituras do potencial hídrico e afetou as correlações estudadas. Outro obstáculo foi a idade do pomar e a incidência de doenças (PSA), o que causou alterações e/ou leituras não desejadas, dificultando a criação de um modelo viável e a obtenção de conclusões.

Relativamente à evolução do NDVI, devido ao tamanho reduzido da parcela e ao uso de imagens de satélite, não foram observadas diferenças significativas entre as diversas estratégias de rega. Estes resultados destacam a importância de considerar não só os dados recolhidos, mas também as condições específicas do local de estudo ao realizar análises agronômicas e de deteção remota.

Palavras-chave: Espectroradiómetro, Imagem Satélite, Índices de Vegetação, Stress Hídrico, Potencial de Ramo, estratégias de rega e nutrição.

Abstract

The present study had the following main objectives: i) to calculate branch potential; ii) to compare it with field radiometry; iii) to compare it with aerial or satellite images using various vegetation indices; iv) to evaluate the capacity of aerial/satellite images, as well as field spectroscopy, to assist in irrigation plans and agronomic decision-making. The study was conducted during the 2022 phenological cycle and a 2023 sample in a production kiwifruit plot in Briteiros São Salvador, of the Hayward variety. Field water potential data and spectral signatures of all samples were collected, and satellite images from the sample collection days were used to calculate NDVI values to monitor the plot's vegetative evolution.

Four irrigation strategies were implemented in the plot: i) deficit irrigation with deficit nitrogen; ii) full irrigation with deficit nitrogen; iii) full irrigation with full nitrogen; and iv) deficit irrigation with full nitrogen. Data were collected on six different days in 2022 and one day in 2023, all following the same logic and collection strategy. These data were subsequently processed and analyzed.

Based on the collected data, it was possible to identify some interesting correlations. However, due to the challenges faced in the plot, not all data matched the study's expectations. The analysis revealed that the plot does not offer the best conditions for this type of study, as it has a very shallow water table, resulting in small differences between water potential readings and affecting the studied correlations. Another obstacle was the orchard's age and the incidence of diseases (PSA), which caused alterations and/or undesired readings, making it difficult to create a viable model and draw conclusions.

Regarding the NDVI evolution, due to the small size of the plot and the use of satellite images, no significant differences were observed between the various irrigation strategies. These results highlight the importance of considering not only the collected data but also the specific conditions of the study site when conducting agronomic and remote sensing analyses.

Keywords: Spectroradiometer, Satellite Image, Vegetation Indices, Water Stress, Branch Potential, Irrigation and Nutrition Strategies.

Agradecimentos

A elaboração do presente trabalho não teria sido possível sem a colaboração e apoio de várias pessoas. Gostaria, assim, de expressar a minha profunda gratidão e apreço a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o meu percurso académico.

Este trabalho foi financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Regional Norte 2020, no âmbito do Projeto Tecnologia, Ambiente, Criatividade e Saúde, Norte-01-0145-FEDER-000043.

Em primeiro lugar, desejo agradecer aos meus pais pelo imenso esforço que fizeram para me proporcionar as condições necessárias para que eu pudesse concretizar este passo importante na minha vida académica. Ao meu irmão, também agradeço pelo apoio e incentivo ao longo do meu percurso no mestrado.

Ao meu orientador, Professor Doutor Cláudio Alexandre da Costa Araújo Paredes, quero expressar a minha sincera gratidão pela disponibilidade e apoio demonstrados ao longo da realização desta dissertação, e, acima de tudo, pela confiança depositada em mim.

À coorientadora, Professora Doutora Maria Isabel Valín Sanjiao, agradeço pela confiança, reconhecimento e disponibilidade demonstrados ao longo dos anos, desde a licenciatura até ao mestrado.

Sou grato à Escola Superior Agrária de Ponte de Lima do Instituto Politécnico de Viana do Castelo e aos docentes responsáveis pelo curso de mestrado, pelas competências e conhecimentos transmitidos durante esta minha caminhada académica, que culminaram na elaboração desta dissertação.

Agradeço à Kiwi Greensun - Conservação e Comercialização de Fruta, S.A. pela ajuda, transmissão de conhecimentos e pela oportunidade de realizar este trabalho.

À minha esposa, Lara Vilaça, expresso o meu sincero agradecimento pelo incentivo, ajuda e apoio incondicionais ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao meu grande amigo, Fernando Portela, cujo auxílio, motivação e apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Não posso deixar de mencionar os amigos que estiveram presentes durante este percurso no mestrado, destacando Sérgio Silva, Bruno Rodrigues, Aline Viana, Ana Sofia Ferreira e Tânia Rodrigues. Agradeço também à equipa de campo, composta por Cláudia Correia e Rui Pinto.

Lista de Abreviatura e Símbolos

AP - Agricultura de Precisão

CAGR - *Compound Annual Growth Rate* / Taxa de Crescimento Anual Composto

DGT - Direção Geral do Território

DRAEDM - Direção Regional da Agricultura do Entre Douro e Minho

EDM - Entre Douro e Minho

ED-XRF - Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X por Energia Dispersiva

EMR - *Electromagnetic Radiation* / Radiação Eletromagnética

ERD - Espectrômetro de Reflectância Difusa

FAOSTAT - *Food and Agriculture Organization of the United Nations* / Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

GDC - *Genoca Double Curtain* / Cortina Dupla Genoca

NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* / Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

NIR - Infravermelho Próximo

NIRS - Espectrômetro de Infravermelho Próximo

PCA - Análise de Componentes Principais

PLS - Análise parcial de mínimos quadrados Partial Least Squares

PSA - *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*

pXRF - Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X portátil

RTK - Real-Time Kinematic / Cinemática em Tempo Real

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SWIR - Infravermelho de Onda Curta

VIS - Espectro Visível

Lista de Quadros

Tabela 2.1. Ciclo Vegetativo da actínea.....	9
Quadro 4.1. Data e número da recolha dos vários tipos de dados.....	26
Quadro 4.2. Quadro com a informação base dos elementos referentes.....	27
Quadro 4.3. Caracterização das zonas climáticas homogêneas (temperatura e precipitação).....	28
Tabela 5.1. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (15/07/2022).....	39
Tabela 5.2. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (28/07/2022).....	44
Tabela 5.3. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (11/07/2022).....	49
Tabela 5.4. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (25/08/2022).....	53
Tabela 5.5 Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (09/09/2022).....	58
Tabela 5.6. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (21/09/2022).....	62
Tabela 5.7. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (19/07/2023).....	66

Lista de Figuras

Figura 2.1. Principais países produtores de kiwi	2
Figura 2.2. Produção e área ocupada pela actínídea no Mundo, entre 2010 e 2020.....	3
Figura 2.3. Importações (Import.) e exportações (Expor) dentro e fora da União Europeia, expressa em euros, entre 2015 a 2018.....	4
Figura 2.4. Produção e área ocupada pela actínídea em Portugal, entre 1989 e 2023.....	5
Figura 2.5. Estágios fenológicos primários e secundários de crescimento do kiwi.....	10
Figura 2.6. Representação do sistema de condução pérgola.....	11
Figura 2.7. Representação do sistema de condução cruzeta (T).....	12
Figura 2.8. Representação do sistema de condução GDC.....	12
Figura 3.1. Espectros de reflexão para vegetação, solo e água.....	19
Figura 4.1. Localização da área do estudo.....	23
Figura 4.2. Diferentes estratégias de Irrigação e Fertilização implementadas.....	24
Figura 4.3. Parcela onde foi realizado o estudo.....	24
Figura 4.4. Recetor SP 60 instalado no bastão de 2m e Smartphone MobileMapper50.....	25

Figura 4.5. Escolha das amostras para recolha dos dados.....	26
Figura 4.6. Camara Scholander utilizada para recolha dos dados.....	29
Figura 4.7. Especto-Radiometro utilizado para recolha de dados.....	30
Figura 4.8. Exemplo curva espectral típica da Actínídea obtida através do ViewSpec Pro.....	31
Figura 5.1. Assinaturas espectrais das amostras T1.....	37
Figura 5.2. Análise componentes principais (PCA) T1.....	38
Figura 5.3. NDVI obtido no dia T1 e valores de cada ponto.....	40
Figura 5.4. Teste PLS das amostras do dia T1.....	41
Figura 5.5. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).....	41
Figura 5.6. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 nm).....	42
Figura 5.7. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 nm).....	42
Figura 5.8. Previsão obtida pela regressão linear no T1.....	43
Figura 5.9. Assinaturas espectrais das amostras T2.....	44
Figura 5.10. Análise componentes principais (PCA) T2.....	44
Figura 5.11. NDVI obtido no dia T2 e valores de cada ponto.....	45
Figura 5.12. Teste PLS das amostras do dia T2.....	45
Figura 5.13. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).....	46

Figura 5.14. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	46
Figura 5.15. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	47
Figura 5.16. Previsão obtida pela regressão linear no T2.....	47
Figura 5.17. Assinaturas espectrais das amostras T3.....	48
Figura 5.18. Análise componentes principais (PCA) T3.....	48
Figura 5.19. NDVI obtido no dia T3 e valores de cada ponto.....	49
Figura 5.20. Teste PLS das amostras do dia T3.....	50
Figura 5.21. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda visíveis (350-700mm).....	50
Figura 5.22. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	51
Figura 5.23. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500mm).....	51
Figura 5.24. Previsão obtida pela regressão linear no T3.....	52
Figura 5.25. Assinaturas espectrais das amostras T4.....	52
Figura 5.26. Análise componentes principais (PCA) T4.....	53
Figura 5.27. NDVI obtido no dia T4 e valores de cada ponto.....	54
Figura 5.28. Teste PLS das amostras do dia T4.....	54
Figura 5.29. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).....	55

Figura 5.30. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	55
Figura 5.31. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	56
Figura 5.32. Previsão obtida pela regressão linear no T4.....	56
Figura 5.33. Assinaturas espectrais das amostras T5.....	57
Figura 5.34. Análise componentes principais (PCA) T5.....	57
Figura 5.35. NDVI obtido no dia T5 e valores de cada ponto.....	58
Figura 5.36. Teste PLS das amostras do dia T5.....	59
Figura 5.37. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).....	59
Figura 5.38. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	59
Figura 5.39. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	60
Figura 5.40. Previsão obtida pela regressão linear no T5.....	60
Figura 5.41. Assinaturas espectrais das amostras T6.....	61
Figura 5.42. Análise componentes principais (PCA) T6.....	61
Figura 5.43. NDVI obtido no dia T6 e valores de cada ponto.....	62
Figura 5.44. Teste PLS das amostras do dia T6.....	63
Figura 5.45. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).....	63

Figura 5.46. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	63
Figura 5.47. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	64
Figura 5.48. Previsão obtida pela regressão linear no T6.....	64
Figura 5.49. Assinaturas espectrais das amostras T7.....	65
Figura 5.50. Análise componentes principais (PCA) T7.....	65
Figura 5.51. NDVI obtido no dia T7 e valores de cada ponto.....	67
Figura 5.52. Teste PLS das amostras do dia T7.....	68
Figura 5.53. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).....	68
Figura 5.54. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	69
Figura 5.55. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	69
Figura 5.56. Previsão obtida pela regressão linear no T7.....	70
Figura 5.57. Teor de humidade consoante estratégia de rega ao longo do ciclo da <i>actinídea</i>	71
Figura 5.58. Assinaturas espectrais de todas as amostras.....	72
Figura 5.59. Análise componentes principais (PCA) de todos os dados.....	73
Figura 5.60. Evolução NDVI ao longo da recolha dos dados.....	74
Figura 5.61. Teste PLS das amostras.....	76

Figura 5.62. Teste PLS para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).....	76
Figura 5.63. Teste PLS para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).....	77
Figura 5.64. Teste PLS para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).....	78
Figura 5.65. Previsão obtida pela regressão linear.....	79

1. Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do segundo ano do mestrado em Engenharia Agronómica, da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Este trabalho foi desenvolvido em colaboração com a empresa Kiwi GreenSun – Conservação e Comercialização de Frutas, S.A., que funciona como uma organização de produtores e tem como atividades a produção, armazenamento e comercialização de kiwi.

1.1. Enquadramento e Justificação do Tema

A produção de kiwi em Portugal tem vindo a crescer nos últimos anos. Em 2020, registou-se um aumento significativo na área de cultivo de cerca de 118 % e na produção 92 % em comparação com 2010. Este crescimento destaca a necessidade de desenvolver métodos de produção mais eficazes e sustentáveis para lidar com os desafios emergentes. A pertinência deste trabalho justifica-se por este aumento de área e produção que leva a necessidade de melhorar e desenvolver métodos eficazes e sustentáveis de produção que permitam suprir dificuldades e limitações existentes.

Este estudo pretende demonstrar as vantagens da adoção de sistemas de software aberto, especialmente para empresas agrícolas de menor dimensão, para aproveitar o potencial oferecido pelos SIG e imagens de satélite. Ao implementar sistemas de observação remota, como o processamento de imagens de satélite, na gestão agrícola, há benefícios na identificação e análise de anomalias na agricultura, o que pode impactar significativamente os rendimentos.

A pesquisa concentra-se na análise e estimativa do stress hídrico na cultura da *actinídea*, utilizando imagens aéreas e radiometria de campo. São examinados diferentes métodos de rega e nutrição, correlacionando os níveis de stress com o desenvolvimento da cultura para otimizar o uso de recursos. Através de imagens aéreas, o vigor da parcela de estudo para a campanha de 2022 será monitorizado e avaliado usando o cálculo do NDVI com imagens do satélite Sentinel-2 processadas num ambiente SIG.

O estudo enfatiza a importância da agricultura de precisão (AP) e do uso combinado de imagens de satélite, SIG e espectroscopia de campo. Pretende-se investigar como diferentes métodos de rega e nutrição influenciam o desenvolvimento da cultura,

estudando o stress das plantas, o crescimento fenológico e o vigor, correlacionando-os com os resultados do NDVI obtidos a partir de imagens do satélite Sentinel-2 e dados fornecidos pela espectroscopia de campo.

Este trabalho foi realizado num pomar comercial da empresa Kiwi Greensun, S.A., localizado na freguesia de São Salvador de Briteiros (41°30'51.64"N 8°19'27.06"W), que se localiza na região Entre Douro e Minho (EDM) no concelho de Guimarães.

2.A Cultura da *Actinídea*

2.1. Contexto Internacional

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura FAOSTAT (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) destacam-se dez países como os maiores produtores de kiwi a nível mundial (Figura 2.1) e segundo as previsões esses valores serão ultrapassados nos próximos anos, atendendo que a taxa de crescimento anual composta (Compound Annual Growth Rate, CAGR), para o período de 2022 a 2027 é de 5,8 %.

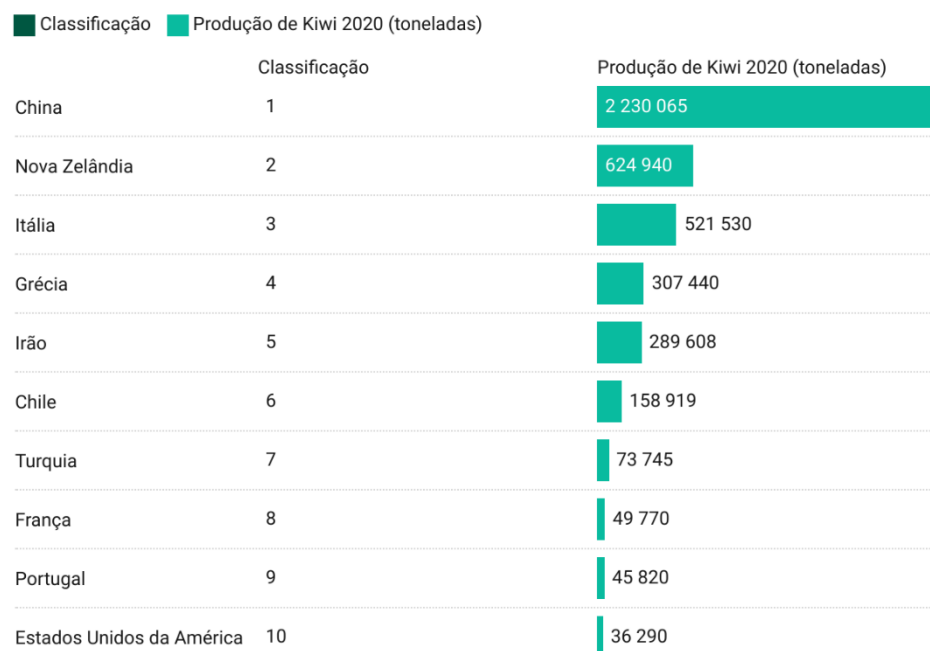


Figura 2.1. Principais países produtores de kiwi (Fonte: FAOSTAT, 2022)

A produção, em 2020, a nível mundial atingiu as 4,4 milhões de toneladas de kiwi o que se traduz numa área cultivada de aproximadamente 270 mil hectares. Analisando a nível continental o maior produtor continua a ser a Ásia com 2,6 milhões de toneladas de kiwi,

seguido da Europa com 952 mil toneladas, Oceânia com 627 mil toneladas, Continente Americano com 195 mil toneladas e Africa com 33 toneladas (FAOSTAT, 2022).

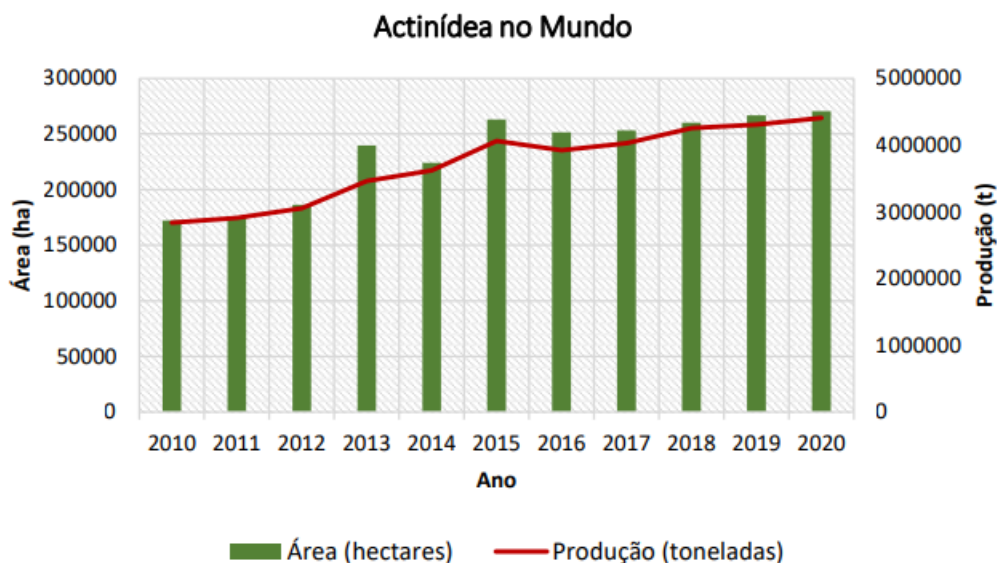


Figura 2.2. Produção e área ocupada pela actinídea no Mundo, entre 2010 e 2020 (FAOSTAT, 2022).

Como podemos verificar na Figura 2.2., a nível mundial a cultura da *actinídea* tem visto um aumento constante de área produtiva, passou de cerca 17000 m² em 2010 para aproximadamente 42000 m² em 2020, representando um aumento em 147 %. A nível de produção a tendência é semelhante, tendo sido registada em 2010 uma produção aproximada de 3 milhões de toneladas e em 2020 cerca 4,2 milhões toneladas, originando assim um crescimento de produção em 40 %. A tendência nos próximos anos será de progressivo aumento de área de produção e respetiva produção (FAOSTAT, 2022).

Esses dados demonstram o aumento da importância da cultura e sua expansão global como uma variedade frutícola relevante. Estes números indicam um crescimento consistente e significativo na produção de kiwi em diferentes regiões ao redor do mundo, impulsionado pela demanda crescente e características qualitativas. Essa expansão pode ser resultado de diversos fatores, como o aumento do consumo, a descoberta de novos mercados e o avanço das técnicas de cultivo.

2.2. Contexto Nacional

2.2.1. Importância Económica da Cultura da *Actinídea*

Portugal é o nono maior país produtor de Kiwi a nível mundial em 2020. A nível estatístico a produção aproxima-se das 45 mil toneladas (FAOSTAT, 2022). No contexto geográfico a cultura do kiwi é produzida nas regiões Entre Douro e Minho e na Beira

Litoral. A nível genético a variedade mais produzida é a Hayward, no entanto a Bo.Erica é uma nova variedade que se está a difundir. Historicamente a produção de Kiwi em Portugal teve as suas origens na década de 1970 (Maria, *et al.*, 2018).

Portugal no que se refere ao mercado nacional é um país de cariz exportador, principalmente para países europeus. A Espanha é o maior importador do Kiwi português e mantém o 1º lugar de maior importador e exportador da Península Ibérica, para o mercado português a proximidade é uma vantagem pois o escoamento do produto é mais fácil e os custos do transporte mais competitivos (Agrogarante, 2019).



Figura 2.3. Importações (Import.) e exportações (Expор.) dentro e fora da União Europeia, expressa em euros, entre 2015 a 2018 (Fonte: Agrogarante, 2019).

A introdução da cultura da actínídea em Portugal por Ponciano Monteiro em 1973 foi um marco na história agrícola do país. Após provar a fruta em Paris, Monteiro decidiu cultivá-la em sua quinta em Vila Nova de Gaia, demonstrando como experiências pessoais podem inspirar inovações na agricultura. Essa iniciativa diversificou a produção agrícola em Portugal e promoveu o desenvolvimento de uma nova indústria frutícola, mostrando o impacto positivo das descobertas individuais no setor agrícola nacional (Fanco, 2008).

No período de 1989 a 2022, a cultura em Portugal apresentou um crescimento significativo, com um aumento de 337,5 % na área plantada e um aumento de 24900 % na produção em comparação com o ano de 1989 (INE, 2023). Em 2020, a área atingiu 3460 hectares, com uma produção de aproximadamente 45820 toneladas. Representando uma média de produção de 13,2 toneladas por hectare, valor abaixo da média mundial de cerca de 16,3 toneladas por hectare e muito inferior aos valores obtidos na Nova Zelândia, onde a produtividade chega a 40,3 toneladas por hectare (FAOSTAT, 2022).

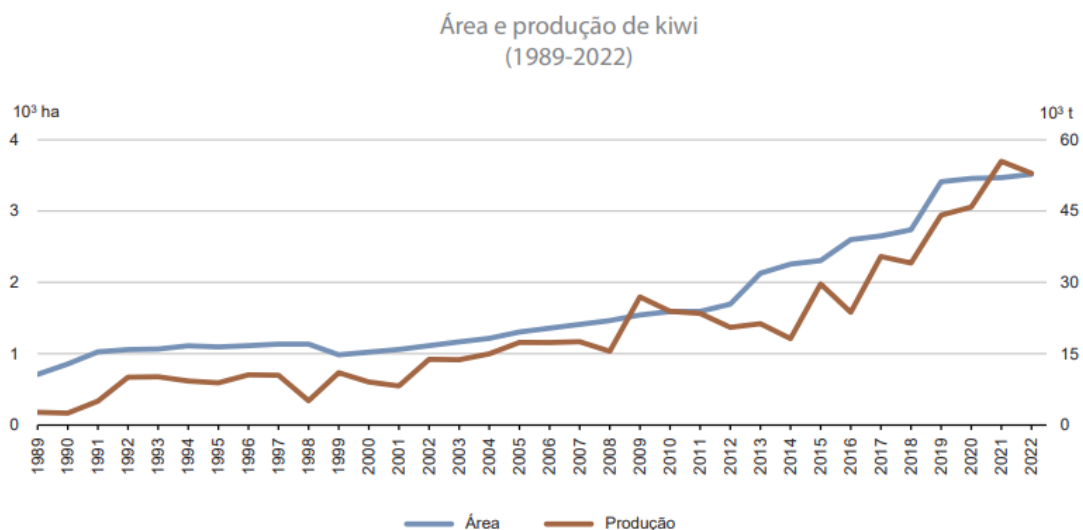


Figura 2.4. Produção e área ocupada pela actinídea em Portugal, entre 1989 e 2022 (INE,2023).

Em 2021 a produção em Portugal ultrapassou as 55000 toneladas, representando o ano de maior produção nacional desde que há registo. Em 2022, este aumento não se verificou e houve uma quebra da produção face a condições climáticas mais adversas e ao efeito da sobreprodução da campanha anterior.

A nível nacional são as regiões Entre Douro e Minho e a Beira Litoral onde as condições são favoráveis para a produção de kiwi, sendo que 74 % da produção está localizada na região norte e 26 % na região do centro, nas restantes regiões a presença da cultura não é significativa (INE, 2023).

2.3. Necessidades Edafo-Climáticas

2.3.1. Solo

A actinídea é uma cultura que se adapta a vários tipos de solos, no entanto requiere que estes permitam um desenvolvimento radicular adequado. Solos pobres, esqueléticos, onde as reservas de água sejam insuficientes ou em baixa quantidade, induz o stress hídrico, os solos com elevado teor de argila, dificultam a drenagem levando a perda de produção e asfixia radicular das plantas (Ferguson, 1990).

A concentração de nutrientes nas folhas é influenciada pelas condições do solo e clima. Plantas cultivadas na China têm maior concentração de nutrientes devido ao solo fértil e à síntese intensa de compostos orgânicos. Recomenda-se otimizar as práticas agrícolas, como a alimentação foliar personalizada, para melhorar a saúde e produtividade das plantas (Zaimenko *et al.*, 2020).

O pH deve situar-se entre 5,5 e 6,8, não devendo superar 7,5 para que não problemas de carências de micronutrientes. No entanto, se for inferior a 5,5 deve realizar-se uma correção (AJAP, 2019).

A utilização combinada de fertilizantes orgânicos e inorgânicos para otimizar o crescimento e a produção de frutos na cultura reveste-se de elevada importância. A aplicação de fertilizantes inorgânicos, como NPK, em conjunto com matéria orgânica, conduz a melhorias significativas nos valores de clorofila, produção de frutos, número de folhas, área foliar e diâmetro do caule, contribuindo também para o aprimoramento das características químicas do solo. O uso de matéria orgânica revela impactos positivos na floração das plantas e na qualidade dos frutos, incluindo um aumento no teor de sólidos solúveis e na saúde nutricional das folhas. A combinação ideal de fertilizantes inorgânicos e orgânicos é essencial para promover o crescimento saudável das plantas de actinídea e aumentar a produção de frutos, evidenciando a importância da nutrição equilibrada e do manejo adequado do solo para o sucesso da cultura (Sharma *et al.*, 2022).

O perfil do solo não deve conter camadas impermeáveis, de modo que a drenagem seja suficiente e evitar excesso de água no solo. Solos compactos e pouco arejados levam ao apodrecimento das raízes e morte das plantas (Ferguson, 1990).

A actinídea prefere solos bem drenados, com boa fertilidade e pH neutro a ligeiramente ácido. Solos ricos em matéria orgânica são benéficos para o crescimento e desenvolvimento saudável da planta, pois fornecem nutrientes essenciais e promovem a atividade microbiana benéfica no solo. Além disso, um solo bem drenado ajuda a prevenir problemas de encharcamento que podem ser prejudiciais para o kiwi (Nucci, 1996).

2.3.2. Clima

Segundo Bieniek *et al.*, (2016) é evidente que as diferentes fases fenológicas e a produção desta cultura estão significativamente influenciadas pelo clima. As datas de início e final das fases de crescimento, como o inchaço dos botões, floração, crescimento de frutos e maturação, estão diretamente relacionadas às condições climáticas. A variação nas datas extremas de maturação dos frutos, com diferenças de até quatro semanas, reflete a sensibilidade da cultura às flutuações climáticas. Além disso, as previsões de aumento das temperaturas efetivas no futuro e a possibilidade de geadas mais intensas e tardias representam desafios significativos para o cultivo da *actinídea*. O risco climático, especialmente relacionado a eventos de geada tardia, é uma consideração crucial para os

produtores, destacando a importância de estratégias de adaptação e manejo para garantir a sustentabilidade e o sucesso da cultura perante as mudanças climáticas.

A cultura necessita de invernos frios, para que ocorra a quebra de dormência da planta, primaveras quentes, verões quentes e húmidos e outonos amenos, mas com altas amplitudes térmicas. Os fatores climáticos mais importantes são a temperatura, precipitação, vento, granizo e geadas (AJAP, 2019).

A nível da temperatura, para a produção ter sucesso necessita de invernos frios para assegurar a abertura dos botões de primavera e florescimento. Para quebrar a dormência e ocorrer emergência de botões florais são necessárias cerca de 500 a 700 horas de frio abaixo dos 7,2 °C. No estado de dormência as plantas suportam temperaturas baixas, no entanto, não toleram geadas tardias ou temperaturas inferiores a 0°C (Lília *et al.*, 2005).

Com o aquecimento global, espera-se que as temperaturas extremas tornem-se um problema mais significativo de stress abiótico para as plantas. A atividade fotossintética de diferentes espécies e cultivares sob temperaturas crescentes, não apenas orientarão futuras pesquisas de melhoramento genético, mas também permitirão o uso de espécies/cultivares resistentes na produção comercial. Nesse contexto, é crucial identificar as espécies e cultivares mais resistentes a temperaturas extremas, conduzindo esses estudos em uma variedade maior de espécies e cultivares (Li *et al.*, 2022).

As geadas são o fenómeno que mais estragos podem causar, podendo provocar a perda total da produção. Na primavera ocorrem quando a rebentação já se iniciou e podem causar estragos significativos, como lesões no tronco, necroses das folhas e podendo causar a destruição parcial ou total dos gomos florais, comprometendo a produção. No outono, são menos frequentes, mas podem danificar os ramos e comprometer a colheita. O principal efeito da geada é sobre os frutos, causando necrose no pedúnculo (queda do fruto) e sua destruição celular tornando-os impróprios (Ferguson, 1990).

No caso das necessidades hídricas, o kiwi necessita de 1400 a 1800 mm de água para o seu correto desenvolvimento e frutificação. As plantas não toleram stress hídrico durante a primavera, verão e outono, épocas estas de crescimento, necessitando de irrigação constante (Simão, 1998).

Se a humidade relativa do ar descer a 40 %, há uma maior perda de água pela transpiração do que pela absorção das raízes, levando ao stress e senescência das folhas. A planta

recupera caso haja um aumento da humidade do solo pela rega, porém os frutos formados perdem peso e adquirem uma qualidade organolética mais reduzida (Zuccherelli, 1981).

A compreensão das necessidades hídricas da *actinídea* é fundamental para otimizar a produção e garantir colheitas satisfatórias. Durante a fase de desenvolvimento dos frutos, especialmente cerca de um mês após a floração, estes demonstraram elevada taxa de transpiração, o que exigia uma gestão adequado de água para sustentar o crescimento celular. Normalmente os frutos menos irrigados apresentaram teor de matéria seca mais elevado. Isso indica que, apesar de um rendimento aparentemente menor, a qualidade dos frutos pode ser melhorada com uma abordagem de irrigação mais controlada. É de grande importância de adaptar os regimes de irrigação com base nas necessidades hídricas específicas da cultura ao longo das diferentes fases de crescimento (Boini *et al.*, 2021).

O stress hídrico tem efeitos imediatos quando ocorre após a formação dos frutos. Verifica-se uma interrupção significativa no crescimento dos frutos em resposta à redução da condutância estomática das folhas. A acumulação rápida de açúcares nas folhas sob stress pode resultar da redução na utilização de hidratos de carbono pelos frutos em desenvolvimento, acompanhada pela mobilização de reservas. O stress acelera a maturação dos frutos, com aumento das concentrações de sacarose nos frutos colhidos mais cedo. O stress hídrico influencia diretamente a qualidade e o metabolismo dos frutos, com implicações importantes na gestão da água para otimizar a produção e a qualidade dos mesmos (Miller *et al.*, 1998).

O vento tem um grande impacto na *actinídea*, pode levar à quebra de ramos jovens e causar danos nos rebentos prejudicando a produção. Durante a época de floração podem levar a destruição das flores e afetar a polinização. Durante o outono pode levar a que os frutos colidam e que comprometa a capacidade de conservação (AJAP, 2019).

O último fator é o granizo, que pelo facto de poder ocorrer durante todo o ano é uma preocupação constante. Na primavera, os rebentos jovens e os botões florais estão desprotegidos e caso ocorra este fenómeno pode haver uma perda significativa de produção. Pode provocar a desfolha, ferimento de ramos e menor número de varas comprometendo a produção do ano seguinte. Durante o Verão, as trovoadas associadas a granizo podem em casos extremos provocar a perda total da produção devido ao impacto direto do granizo no fruto e destruição foliar (Ferguson, 1990).

2.4. Ciclo Fenológico da Cultura, Condução, Operações Culturais, Variedades

2.4.1. Ciclo Fenológico

A *actinídea* inicia a sua atividade com a exsudação da seiva bruta pelas feridas da poda, isto deve-se a atividade do sistema radicular que volta devido ao aumento da temperatura do solo. Este aumento da temperatura e o aumento da duração do dia provoca o abrolhamento dos gomos. Nesta fase (final do inverno e até março) a planta necessita de frio para quebrar a dormência dos gomos (Guerriero e Scalabrelli, 1990). É de realçar que embora o frio seja importante para a diferenciação dos gomos, quando este é inferior a 0°C atrasam a rebentação e a formação das flores,

No início da primavera é fundamental garantir as condições para o crescimento, água, luz e nutrientes. A ocorrência de dias muito luminosos e com temperaturas baixas prejudicam a cultura. Quando as condições climáticas são favoráveis para o abrolhamento, o crescimento de novos rebentos é rápido e os botões florais desenvolvem-se simultaneamente (Greer, 1992).

Nos meses seguintes à polinização e o vingamento, junho e julho, o crescimento dos frutos é rápido e depois de julho as dimensões do fruto possuem um crescimento mais lento, o peso seco continua a aumentar e o fruto ganha a sua forma pouco antes de chegar a maturação (Davison, 1990).

A cultura entra em repouso vegetativo quando perde as folhas, caso ocorra geadas, vento ou falta de água está é antecipada. Caso nenhum destes fenómenos se realize no outono, a queda das folhas inicia-se em dezembro, quando a temperatura média é de 5 a 6°C, entrando assim a planta em repouso vegetativo, até que no final do inverno o inchamento do gomo determine o início de um novo ciclo (Cacioppo, 1989). A tabela 2.1. em baixo representa o ciclo vegetativo da cultura.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Crescimento vegetativo	Gomo inchado		Rebentação Crescimento ramos Formação gomos auxiliares					Paragem Crescimento				Dormência
Crescimento da raiz	Início crescimento									Paragem crescimento		
Desenvolvimento da flor			Diferenciação floral		Floração			Indução floral				Acumulação frio
Desenvolvimento do fruto					Vingamento		Crescimento	Desenvolvimento fruto		Maturação		
Estações (Hemisfério Norte)	Inverno		Primavera			Verão				Outono		

Tabela 2.1. Ciclo Vegetativo da *actinídea* (Fonte: AJAP, 2019).

O ciclo de crescimento do kiwi, representado na figura abaixo (Figura 2.5)., conforme descrito no artigo de Salinero *et al.* (2009), passa por diversas fases fenológicas ao longo do ano. No início do desenvolvimento do botão, durante o período de dormência no

inverno (00), os botões permanecem fechados desde o ano anterior. Em seguida, os botões começam a inchar e as escamas abrem, revelando folhas verdes (01-09). À medida que o botão se desenvolve, ocorre o desdobramento das folhas (11-19). Os rebentos continuam a crescer progressivamente até atingirem cerca de 10 % a 90 % do seu comprimento final. A emergência da inflorescência é marcada pelo inchaço e crescimento dos botões florais, seguido pela abertura das primeiras flores em forma de sino (60). Durante o desenvolvimento do fruto, este cresce e amadurece até estar pronto para a colheita (71-79). O fruto atinge a maturidade completa com sementes desenvolvidas e mudança de cor. Por fim, o ciclo anual encerra com a queda das folhas e a entrada na dormência de inverno (97), preparando a planta para o próximo ciclo de crescimento.



Figura 2.5. Estágios fenológicos primários e secundários de crescimento do kiwi (Salinero *et al.*, 2009)

2.4.2. Condução da Cultura

A *actinídea* é uma trepadeira perene, caracterizam-se por possuir um crescimento vigoroso. Devido a isto a cultura necessita de apoio, pois o caule não suporta o peso dos ramos. Existem vários sistemas de condução, destacando-se o sistema pérgola, a cruzeta (T) e o GDC (*Genoca Double Curtain*) (Grellmann, 2005).

O sistema cruzeta é o mais utilizado, possui postes de 2,70m de altura, elevando a cultura a aproximadamente 1,8m do solo, tem também uma barra perpendicular de 1,5 a 2m de largura, onde se encontram inseridos os arames que apoiam e tutoram os ramos frutíferos. A estrutura horizontal com uma extensão de 2 metros, é a mais indicada, pois aproveita o comprimento da vara, uma vez que a zona terminal desta é a mais produtiva. O compasso de plantação neste tipo de condução é de 5x5 m. Este sistema é o mais utilizado em Portugal, tendo como vantagens os menores custos de instalação, melhora a polinização, necessita de menor mão de obra, aumenta a circulação de ar e a entrada da luz. Quando comparado ao sistema de pérgola a produção diminui cerca de 30 % (Almeida, 1996).

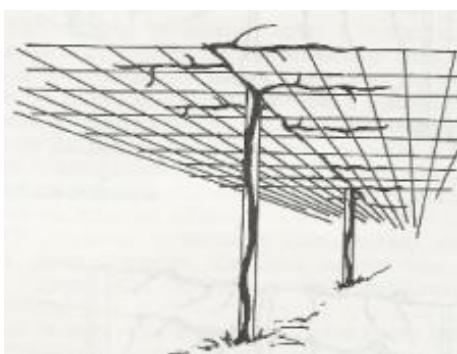


Figura 2.6. Representação do sistema de condução pérgola (Fonte: Souza *et al.*, 1996).

O sistema cruzeta (T) é composto por uma armação em linha, onde os postes estão distanciados entre 4 e 5 metros, possuem no topo uma cruzeta em forma de T, sobre a qual estão estendidos 3 arames para suportar a copa da planta. Os arames laterais são colocados a 60 cm do centro, que passa pela linha da planta. Esta estrutura apresenta cerca de 2 metros de altura. Este sistema caracteriza-se pela utilização dos braços laterais fixados à cruzeta, onde são esticados fios que permitem a condução dos ramos produtivos até ao chão, formando assim um túnel. Este sistema, no entanto, acarreta muitas dificuldades na mão de obra, origina disformidade de produção e leva a um fruto de menor qualidade (Valenzuela, 2007).

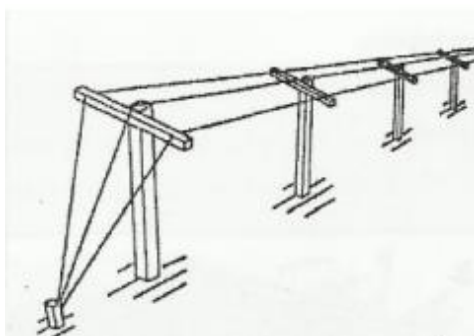


Figura 2.7. Representação do sistema de condução cruzeta (T) (Fonte: Souza *et al.*, 1996).

O sistema GDC caracteriza-se por apresentar duas cortinas verticais paralelas com os braços na parte superior e os ramos posicionados para baixo (sistema de alta densidade). A disposição é semelhante a um V, com as plantas alternadas para a direita e para a esquerda ficando o interior sem vegetação. Nesta forma de condução as plantas têm o seu suporte garantido por um arame lateral. As desvantagens deste sistema é a maior exposição solar da planta e ao aparecimento de maior número de ramos ladrão improdutivos, que levam a uma maior manutenção (Almeida, 1996).



Figura 2.8. Representação do sistema de condução GDC (Fonte: Lília *et al.*, 2008).

2.4.3. Operações Culturais

A poda na *actinídea* depende da altura do ciclo em que as plantas se encontrem e quais os objetivos a atingir. Existem dois tipos de poda, a poda de formação que ocorre nos primeiros anos de vida do pomar e a poda de produção, que se realiza quando se entra em plena produção e que se divide em poda de inverno e poda de verão (AJAP, 2019).

A poda de formação tem como objetivo formar a estrutura da planta de modo adequado sobre o sistema de condução e que no menor tempo possível entre em produção. Após a plantação deve-se escolher o melhor lançamento (mais vigoroso), de modo que este seja

tutorado (Yamanishi, 1994). Esta operação consiste na seleção de 2 a 3 gomos, dos quais à medida que a se desenvolve são selecionados os lançamentos mais vigorosos que são orientados ao longo da estrutura de suporte. Quando os lançamentos atingem 20 a 30 cm de altura, deve-se eleger o que apresente maior vigor e mais direito para formar o futuro tronco da planta. Quando este alcançar o primeiro arame deve ser realizada uma poda 20 cm abaixo deste, promovendo assim nova rebentação que dará origem a dois braços que formaram a base da planta (AJAP, 2019).

A poda de produção é realizada quando a planta entra em produção, e o principal objetivo desta operação é equilibrar a relação entre a frutificação e o crescimento vegetativo, remover as varas, regularizar a produção, facilitar a polinização e penetração de luz, melhorando assim o calibre e a qualidade dos frutos. Esta pode incluir a poda de Inverno e de Verão (Almeida, 1996).

A poda de inverno tem como finalidade a formação de ramos, onde crescem os ramos laterais, responsáveis pela frutificação, a eliminação dos ramos improdutivos e que já produziram, os secos e doentes, garantindo que a planta fica preparada para um novo ciclo produtivo. No caso da poda de verão esta tem como objetivo a eliminação dos ramos estéreis, doentes e ladrões, controlar o espaçamento, produção e luminosidade por baixo da copa, favorece polinização e reduz o ataque de fungos.

A poda dos machos realiza-se apenas após o florescimento, eliminando cerca de 40 % da massa foliar existente, deixando três a quatro ramos basais, que darão origem aos novos ramos floríferos, responsáveis pela polinização. Os machos não carregam frutos, servem apenas como polinizadores, os ramos floríferos devem ser podados para dar origem a um novo ramo principal e as despontas continuam no verão (Nucci, 1996).

Outra operação cultural é a monda, esta promove um melhor desenvolvimento do peso e forma do fruto, uma vez que os melhores frutos são selecionados, garantindo assim a eliminação dos de menor qualidade. Esta operação é determinante para a quantidade e qualidade dos frutos e pode ser realizada antes e depois da floração, sendo a primeira a monda dos botões florais e a segunda a monda dos frutos (Zuccherelli, 1982).

2.4.4. Variedades

A variedade fêmea mais utilizada mundialmente é a “Hayward”, esta apresenta maior produtividade, formando frutos de grande calibre com boas características organolépticas e capacidade de conservação (AJAP, 2019). Os frutos são grandes e ovais, cobertos de

pelos finos. É uma variedade exigente em horas de frio, perto de 800 horas de frio para quebrar a dormência, enquanto as cultivares “Allison”, “Bruno” e “Monty” são menos exigentes necessitando de cerca de 450 horas de frio abaixo dos 7,2°C (Simão, 1998).

Apesar da variedade Hayward ser a mais cultivada, o interesse por novas variedades tem aumentado, as variedades de polpa amarela “G3” e variedade verde “Bo.Erica”, têm ganho dimensão no mercado internacional.

As variedades machas são importantes, pois o kiwi é uma planta unissexuada, que produz flores masculinas e femininas em plantas diferentes. Para que ocorra uma boa frutificação é necessário que um pomar contenha plantas polinizadoras. No caso do kiwi, as variedades “Matua” e “Tomuri” são as mais utilizadas como polinizadoras. Uma boa polinização é vital para obter boas produtividades, um vingamento de flores acima de 90 % é necessário para uma boa produção (Silvestrin, 1996).

A cultivar “Matua” apresenta um extenso período de floração, com grande número de flores e muito vigorosa. A floração começa cedo e prolonga-se até ao final do período de floração da maioria das cultivares produtoras, sendo importante conciliar as florações dos machos e fêmeas está a cultivar é a mais utilizada (Nucci,1996).

A cultivar “Tomuri” possui um vigor médio, é um polinizador mais tardio e com um período de floração coincidente com a cultivar “Hayward”, sendo também mais exigente em horas de frio (Simão, 1998).

2.5. Pragas e Doenças

2.5.1. Podridão radicular

A podridão radicular é causada pelo fungo *Armillaria mellea* e *Phytophthora sp.*, as plantas afetadas morrem, após um período de enfraquecimento progressivo. O fungo manifesta-se por uma película consistente, mole e de cor amarelo-pálido. Pode espalhar-se pela presença de restos de madeira doente no solo, infetando raízes de plantas saudáveis. O fungo emite cordões pelo solo e infeta as plantas sãs. As plantas enfraquecidas pela má aptidão do solo, outras doenças (infeções) e excesso de humidade do solo (favorece o desenvolvimento dos fungos) são facilmente comprometidas por este organismo (Jorge, 2008). Esta doença é de difícil de controlo, recomenda-se métodos culturais como a exposição do colo das plantas infetadas e da parte superior das raízes ao sol, remoção do solo em torno da base das plantas. Um método preventivo para controlar a doença é através da fumigação solo (Thomidis, 2012).

2.5.2. Esca (doença do lenho)

Esta doença está associada aos agentes patogénicos *Phaeoacremonium spp.*, *Phaeomoniella chlamydospora* e *Fomitiporia mediterranea*. A esca do kiwi é caracterizada por afetar a madeira, levando a sua degradação, originando o enfraquecimento da planta e a uma total perda de produção e eventual morte.

Os sintomas desta doença, nas folhas, são caracterizados pelo aparecimento de folhagem com descoloração clorótica ou manchas cloróticas irregulares entre as nervuras, tornando-se mais tarde necróticas. As folhas acabam por cair e os frutos nunca atingem o tamanho esperado nem amadurecem por completo. No caso do tronco, a presença de madeira descolorada, mole e cor branca caracteriza esta doença. Estas lesões desenvolvem-se a partir de cortes de poda, dirigindo-se para o interior da planta, originando dessecamento de braços e morte da planta.

Não há soluções curativas para a doença, restando apenas medidas profiláticas para combater o problema. Algumas medidas são, a remoção de restos e poda e plantas mortas, remover toda a lenha afetada da planta, proteger as feridas de poda e caso uma planta mostre sintomas iniciais de esca, realiza-se uma intervenção cirúrgica, ou seja, eliminar toda a madeira da planta até encontrar madeira sã (Sofia, 2005).

2.5.3. Cancro Bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*)

O sintoma característico ocorre na primavera, com a libertação de um exsudato laranja, associado a cancos e ferimentos nos ramos e tronco, levando a dispersão da doença. As folhas apresentam manchas necróticas com círculos amarelos. As flores e botões infetados caem prematuramente, reduzindo o número de frutos.

O controlo desta doença é através de estratégias preventivas, que evitem a entrada do agente no pomar. No caso deste se evidenciar no pomar, as plantas mortas devem ser arrancadas e queimadas. Plantas com sintomas nos ramos ou folhas devem ser podadas pelo menos 70cm abaixo do foco de infeção. Os tratamentos com produtos à base de cobre são recomendados na primavera e outono, após a queda das folhas e quando as plantas apresentarem feridas (granizo, vento, etc.) (Cacioppo, 2009).

2.5.4. Podridão Cinzenta (*Botrytis cinerea*)

A doença afeta o fruto originando uma região com tecido mole, aquoso e coloração verde-escura, em estados avançados emite um micélio branco e acinzentado que emerge dos frutos apodrecidos. A doença desenvolve-se durante a conservação dos frutos em câmaras

frigoríficas, a infecção pode ocorrer durante a colheita através da contaminação das lesões provocadas pela retirada do fruto do pedúnculo (Brook, 1990).

Quando estabelecido o fungo entra em estado de latência e a infecção manifesta-se mais tarde, com o amadurecimento dos frutos. O patógeno atinge o interior do fruto cerca de seis semanas após a infecção, onde se tornam evidentes os primeiros sintomas (Mazzini, 2004). O controlo deste fungo é realizado pela aplicação de fungicidas na floração e antes da colheita (Brook, 1990).

3. A Espectroscopia de Campo

3.1. Princípios e Fundamentos

A espectrometria de campo é uma técnica analítica que utiliza espectro-radiómetros portáteis para análise de amostras *in situ*. Esta técnica permite a identificação e quantificação de elementos químicos presentes em diferentes tipos de amostras, como solos, rochas, sedimentos, plantas e águas, em diversos ambientes, como florestas, rios, lagos e áreas urbanas (Hou *et al.*, 2006). Envolve a medição da absorção de radiação eletromagnética de amostras num ambiente natural ou em condições de campo. Utiliza uma ampla gama de comprimentos de onda e pode fornecer informações valiosas sobre a composição química, estrutural e propriedades físicas das amostras, incluindo solos, rochas, sedimentos, plantas e águas superficiais e subterrâneas (Sabins, 1999).

A espectrometria de campo tem sido amplamente utilizada na prospeção mineral, na identificação de solos contaminados e na avaliação de áreas impactadas por atividades humanas (Lemière, 2018). Esta técnica destaca-se pela sua rapidez e precisão na obtenção de informações em tempo real, o que é particularmente útil em estudos ambientais e de exploração mineral. Uma das vantagens da espectrometria de campo é o facto de ser uma técnica não destrutiva, que não requer a recolha de amostras e, portanto, minimiza a perturbação do ambiente analisado. Além disso, esta técnica é capaz de fornecer informações sobre a composição química e mineralógica das amostras analisadas, permitindo a identificação de diferentes tipos de materiais, como minerais, matéria orgânica e metais. Permite a análise de grandes áreas de forma rápida e eficiente, o que a torna útil em aplicações como a prospeção mineral, a caracterização ambiental e a agricultura de precisão (Weindorf *et al.*, 2014).

No campo da geologia, a espectrometria de campo tem sido amplamente aplicada em estudos geológicos, permitindo a caracterização rápida e precisa de formações rochosas

e a identificação de minerais de interesse económico (Sabins, 1999). Esta técnica tem sido fundamental ao auxílio na identificação de depósitos minerais e na delimitação de áreas de interesse para exploração (Weindorf *et al.*, 2014).

No contexto ambiental, a espectrometria de campo desempenha um papel crucial na identificação de solos contaminados. Através da análise de elementos químicos presentes nos solos, é possível detetar a presença de substâncias tóxicas e avaliar o grau de contaminação, permitindo assim a tomada de medidas adequadas para remediação de áreas contaminadas e gestão ambiental (Hou *et al.*, 2006).

Na área arqueológica, a espectrometria de campo tem sido utilizada para a identificação e caracterização de materiais presentes em sítios arqueológicos. Esta técnica permite a análise não destrutiva de artefactos e materiais arqueológicos, fornecendo informações importantes sobre a sua composição química e proveniência, auxiliando assim na interpretação e datação de sítios arqueológicos (Lemière, 2018).

Para amostras complexas, a espectrometria de campo pode ser combinada com outras técnicas analíticas, como a espectroscopia de laboratório, para fornecer informações adicionais sobre a composição das amostras (Penna *et al.*, 2020). Embora a espectrometria de campo possa fornecer informações valiosas sobre a composição e propriedades das amostras, a interpretação dos dados pode ser desafiadora e requer conhecimento especializado em ciências da terra, química e física (Girija *et al.*, 2019). No entanto, com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novas técnicas analíticas, a espectrometria de campo tem se tornado cada vez mais acessível e pode fornecer informações valiosas para uma ampla gama de aplicações científicas e industriais (Van der Meer *et al.*, 2012).

A espectroscopia é o estudo da interação entre a radiação eletromagnética (EMR) e matéria. Na deteção remota, estamos principalmente preocupados com a EMR que tem interagido com o objeto de interesse e, portanto, transporta informações sobre a composição do objeto ou a natureza dos processos que ocorrem dentro dele. A espectroscopia de reflexão quantitativa requer:

- Uma fonte de iluminação de intensidade suficiente ao longo da gama de comprimentos de onda em estudo;
- Um meio de medir a intensidade e a composição espectral da iluminação, ou de mantê-lo constante;
- Um método de direcionar a iluminação para a amostra de forma controlada;

- Um meio de analisar a intensidade e a composição espectral da luz depois de ter interagiu com a amostra (Milton, 2004).

Espectroscopia de campo é o termo usado para descrever espectroscopia realizada no meio ambiente, particularmente quando as propriedades de reflexão da vegetação, solos, rochas e as massas de água são medidas sob iluminação solar. O termo correto para tais medições é "espectrometria de campo" como o objetivo é fazer medições em vez de observar ou visualizar espectros (Milton, 1987).

A espectroscopia abrange uma ampla gama de técnicas e aplicações, da espectroscopia infravermelha para análise de gêneros alimentícios à ressonância magnética nuclear e espectroscopia para aplicações médicas. No fundo, todas estas aplicações são feitas possível, porque quando a EMR interage com a matéria é alterada de formas muito específicas que são características das moléculas que compõem o material. Vemos isto com os nossos olhos. Um exemplo é quando observamos que a luz branca do sol é alterada para luz verde quando é refletido de uma folha verde saudável. Neste caso, a energia refletida somos capazes de observar é o que permanece após os comprimentos de onda azul e vermelho serem absorvidos pelos pigmentos das folhas verdes (Milton, 2004).

A detecção remota baseia-se na medição da radiação refletida ou emitida a partir de corpos diferentes. Objetos com características de superfície diferentes refletem ou absorvem a radiação de diferentes maneiras. As propriedades de reflexão de um objeto dependem do material, estado físico e químico, da rugosidade superficial e com as circunstâncias geométricas (por exemplo, ângulo de incidência da luz solar). As características mais importantes de uma superfície é a cor, estrutura e textura. Estas diferenças tornam possível identificar diferentes características ou materiais analisando os seus padrões de reflexão espectral ou assinaturas espectrais. Estas assinaturas podem ser visualizadas nas chamadas curvas de reflexão espectral em função dos comprimentos de onda. A figura a seguir mostra curvas típicas de reflexão espectral de três exemplos de superfícies: vegetação verde, solo seco e água límpido (Paramanik, 2017).

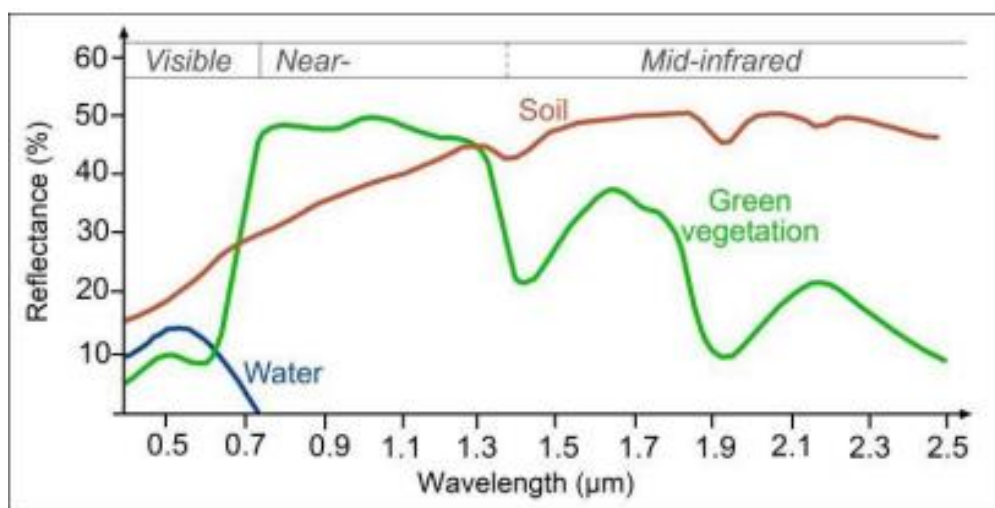


Figura 3.1. Espectros de reflexão para vegetação, solo e água (Paramanik, 2017).

Ao longo dos últimos anos, têm-se verificado avanços significativos na tecnologia dos espectro-radiômetros portáteis, o que tem impulsionado o uso cada vez mais frequente da espectrometria de campo. Estes equipamentos tornaram-se mais compactos, mais precisos e mais fáceis de operar, permitindo a sua utilização em campo por uma variedade de profissionais de diversas áreas e de forma eficiente. A portabilidade dos espectro-radiômetros possibilita a realização de análises em tempo real, fornecendo resultados imediatos e facilitando a tomada de decisões (Weindorf *et al.*, 2014).

Em resumo, a espectrometria de campo é uma ferramenta analítica portátil que desempenha um papel fundamental em estudos geológicos, ambientais e arqueológicos (Milton, 2004). Essa técnica oferece a vantagem de fornecer informações em tempo real, sem a necessidade de coleta de amostras, o que minimiza a interferência no ambiente analisado (Hou *et al.*, 2006). Além disso, a espectrometria de campo permite a identificação rápida e precisa de elementos químicos, minerais e outros materiais presentes nas amostras analisadas (Lemière, 2018). Com o avanço tecnológico dos espectro-radiômetros portáteis, espera-se que a espectrometria de campo continue a desempenhar um papel fundamental no avanço da ciência e na tomada de decisões em diversas áreas.

3.2. Equipamentos e Técnicas

A espectrometria de campo engloba diversos equipamentos e técnicas que permitem a análise de amostras em ambientes naturais ou em condições de campo. Alguns exemplos são:

1. Espectrômetro de Reflectância Difusa (ERD): equipamento portátil que mede a radiação refletida pelas amostras em uma faixa de comprimentos de onda específica. É utilizado para a análise de minerais, rochas, solos e plantas (Clark, 1999);
2. Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X portátil (pXRF): equipamento que mede a fluorescência de raios X induzida em uma amostra, permitindo a identificação de elementos químicos presentes na mesma. É usado em aplicações como geologia, arqueologia e ciências ambientais (Lemière, 2018);
3. Espectrômetro de Infravermelho Próximo (NIRS): equipamento que mede a absorção de radiação na região do infravermelho próximo, permitindo a identificação de componentes químicos presentes na amostra. É amplamente utilizado em aplicações agrícolas, ambientais e industriais (Williams & Norris, 1987);
4. Imagem Hiperspectral: técnica que combina a espectrometria com a aquisição de imagens de alta resolução espacial. É utilizada para mapeamento e classificação de materiais em uma ampla gama de aplicações, incluindo geologia, agricultura e monitoramento ambiental (Sabins, 1999);
5. Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X por Energia Dispersiva (ED-XRF): equipamento que utiliza raios X para excitar elementos químicos presentes numa amostra, medindo a energia dos fótons emitidos durante a fluorescência. É usado em aplicações como a análise de solos e a caracterização de minerais (Núñez, 2022).

A espectroscopia de reflectância é uma das técnicas mais comuns na agricultura, permitindo a medição da intensidade da radiação refletida pelas amostras. Já a espectroscopia de emissão é utilizada para medir a radiação emitida pelas amostras após serem aquecidas (Schimel *et al.*, 2015).

3.3. O uso da Espectroscopia na Agricultura

A espectroscopia é uma ferramenta útil na agricultura, permitindo a análise de componentes químicos em plantas e solos, a identificação de doenças e deficiências nutricionais, e a avaliação da qualidade dos alimentos. Algumas aplicações incluem:

1. Análise de nutrientes em solos e plantas: a espectroscopia pode ser utilizada para medir a concentração de nutrientes importantes como azoto, fósforo e potássio em solos e plantas (Mouazen *et al.*, 2005);
2. Identificação de doenças e deficiências nutricionais em plantas: a espectroscopia pode ser usada para detetar doenças e deficiências nutricionais em plantas, permitindo uma intervenção precoce e o controle da propagação de doenças (Huang *et al.*, 2018);
3. Avaliação da qualidade dos alimentos: a espectroscopia pode ser utilizada para avaliar a qualidade dos alimentos, incluindo a deteção de adulterantes e a análise de nutrientes e compostos bioativos (Osborne, 2006);
4. Monitoramento de safras: a espectroscopia pode ser usada para monitorar safras e prever o rendimento das culturas, permitindo uma melhor gestão da produção agrícola (Garcia-Ruiz *et al.*, 2013).

Em resumo, pode ser utilizada para análise de solos, plantas, sementes e produtos agrícolas, permitindo a identificação de nutrientes, teores de humidade, conteúdo de matéria orgânica e outras propriedades relevantes.

Com o avanço da tecnologia, a espectroscopia tem se tornado cada vez mais acessível e pode ser realizada com equipamentos portáteis, permitindo a análise em campo e em tempo real (Xue *et al.*, 2004).

A espectroscopia pode ser realizada de várias formas na agricultura, sendo as mais comuns a espectroscopia de reflectância e a espectroscopia de emissão. Na espectroscopia de reflectância, a radiação é irradiada em direção às amostras e a intensidade da radiação refletida é medida. Já na espectroscopia de emissão, as amostras são aquecidas e a radiação emitida pelas amostras é medida. Além disso, existem diferentes tipos de equipamentos de espectroscopia que podem ser utilizados na agricultura, desde equipamentos portáteis até equipamentos mais sofisticados e de alta precisão (Catel *et al.*, 2021). Os equipamentos portáteis são especialmente úteis para análises em campo, enquanto os equipamentos mais sofisticados são mais comuns em laboratórios de pesquisa. Além das técnicas de espectroscopia de reflectância e de emissão, a espectroscopia de absorção também pode ser utilizada na agricultura, permitindo a análise de gases como o dióxido de carbono e o metano (Dotto *et al.*, 2014).

A espectroscopia também tem sido utilizada na detecção de doenças em plantas e na análise da qualidade de produtos agrícolas, como frutas e hortícolas. Pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas analíticas, como a cromatografia e a espectrometria de massa, permitindo a obtenção de informações mais detalhadas sobre as amostras analisadas (Si *et al.*, 2022).

A utilização da espectroscopia na agricultura tem se mostrado cada vez mais promissora, permitindo a obtenção de informações precisas e em tempo real sobre as características químicas e físicas das amostras analisadas, o que pode contribuir para o aumento da produtividade, da eficiência dos sistemas agrícolas e da composição análise dos alimentos (Sakane *et al.*, 2019).

4. Material e Métodos

4.1. Área de Trabalho e Delineamento Experimental

O presente trabalho foi realizado numa parcela de *actinídea deliciosa* Hayward na região do Minho, tendo cerca de 12 hectares, localizada na freguesia de Briteiros São Salvador, concelho de Guimarães, distrito de Braga, norte de Portugal (41°30'52.48"N 8°19'18.40"W), a uma altitude de 153 metros (Figura 4.1).



Figura 4.1. Localização da área do estudo (Google Maps, 2022).

A parcela de estudo ocupa uma área de 660 m², tendo a exploração um total de 12 hectares. A plantação ocorreu em 1987, com um compasso de 5x2 metros, e um total de 1000 plantas por hectare, sendo o sistema de condução em pérgola. A parcela possui um sistema de rega gota a gota, com gotejadores autocompensantes que debitam 2,2l/h, separados por 50 centímetros entre si.

O delineamento experimental, foi constituída por 3 blocos, com distintas estratégias de rega e nutrição: Rega Completa / Azoto Deficitário (Rc/Nd, cor vermelha); Rega Completa / Azoto Completo (Rc/Nc, cor amarela); Rega Deficitária / Azoto Completo (Rd/Nc, cor azul) e Rega Deficitário / Azoto Deficitário (Rd/Nd, cor verde) (Figura 4.2).

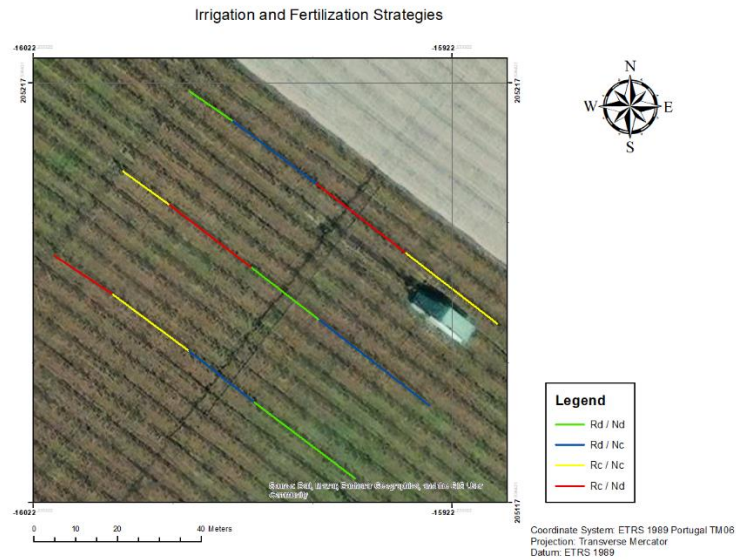


Figura 4.2. Diferentes estratégias de Irrigação e Fertilização implementadas.

Foram recolhidas as coordenadas GPS das várias plantas em estudo, 9 plantas por cada estratégia. Esta recolha foi efetuado com os equipamentos da Spectra Precision (Figura 4.3). O MobileMapper® 50 é um dispositivo utilizado para a coleta de dados georreferenciados, com a finalidade de integração em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Operando no sistema operacional Android 6.0, este dispositivo possui funcionalidades semelhantes às de um smartphone. Ele é equipado com um processador Quad Core de 1.2GHz, uma memória de 16GB e uma tela de 13,4 cm. O MobileMapper® 50 recebe dados de quatro constelações de satélites: GPS, Galileo, Beidou e GLONASS.

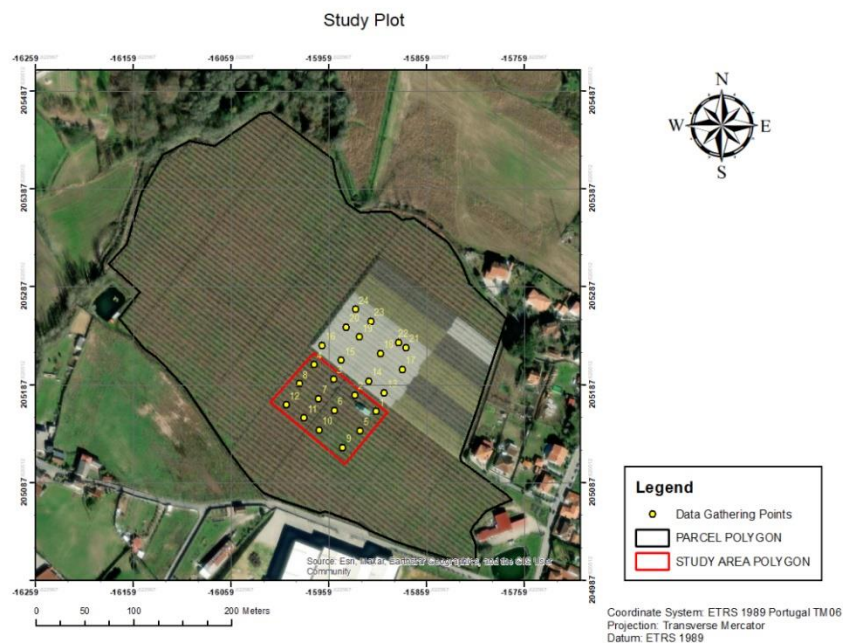


Figura 4.3. Parcela onde foi realizado o estudo.

Além disso, o dispositivo possui um aplicativo de fácil utilização que permite o registo e caracterização de pontos, linhas e polígonos. As Suas dimensões são de 164 x 82 x 14,6 cm, com um peso aproximado de 310 g. Durante o processo de recolha de dados, o dispositivo tem uma precisão posicional em tempo real de até 150 cm e, no pós-processamento, um erro inferior a 80 cm.

Para o processamento em tempo real, o MobileMapper® 50 requer uma conexão Bluetooth com um recetor SP60, que geralmente está incorporado num bastão de 2m. O recetor possui um diâmetro de 21 cm, uma espessura de 7 cm e um peso de 930 g. Esse equipamento possui uma alta precisão, com um erro vertical inferior a 50 cm e um erro horizontal de 25 cm. No entanto, se utilizado no modo RTK (Real-Time Kinematic), o erro é inferior a 5 cm (Spectra Precision, 2017).

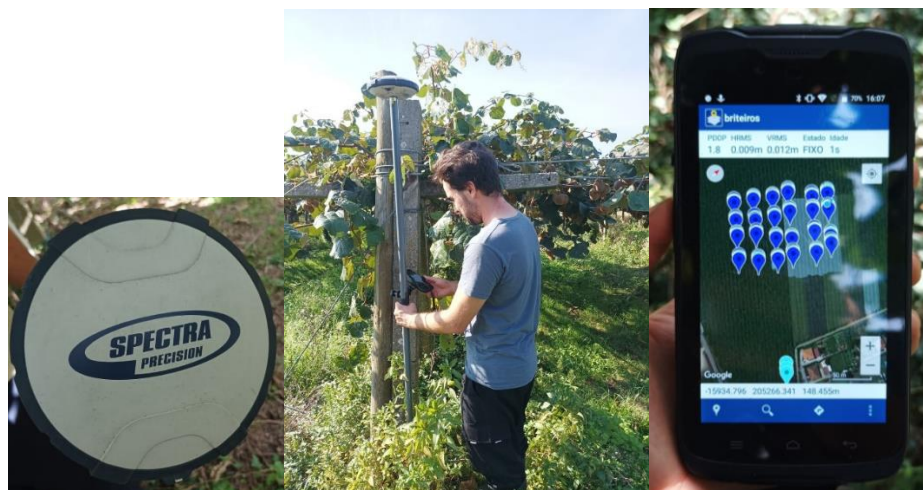


Figura 4.4. Recetor SP 60 instalado no bastão de 2m e Smartphone MobileMapper50.

Posterior a recolha das coordenadas geográficas das várias plantas, foram seleccionadas folhas em cada uma, 1h antes do meio-dia solar, ficando estás isoladas dentro de um saco isolado (Figura 4.5). Aqui eram seleccionadas as folhas em melhor estado físico, adultas e principalmente antes de um fruto.



Figura 4.5. Escolha das amostras para recolha dos dados.

Ao meio-dia solar realizou-se a recolha de dados de cada amostra através da camara de scholander e pelo espectro-radiómetro, respetivamente. As imagens de satélite foram retiradas, sempre que possível, no próprio dia ou em caso de não existirem imagens de qualidade no dia anterior e/ou seguinte. Estes dados por sua vez foram retirados usando a plataforma Copernicus através do satélite sentinel-2. O número de amostras e as datas de recolha encontra-se no quadro 4.1.

Quadro 4.1. Data e número da recolha dos vários tipos de dados.

Data da Recolha dos Dados	Espectro-radiómetro	Camara Scholander	Sentinel-2
15/07/2022 (T1)	36	12	-
16/07/2022	-	-	1
28/07/2022 (T2)	36	12	1
11/08/2022 (T3)	36	12	1
25/08/2022 (T4)	36	12	1
09/09/2022 (T5)	36	12	1
21/09/2022 (T6)	36	12	-
22/09/2022	-	-	1
19/07/2023 (T7)	183	61	1
Total Amostras:	460	72	7

4.2. Caracterização do Meio Físico

Este capítulo tem como objetivo descrever as características físicas da parcela em estudo e as suas particularidades. Deste modo a caracterização teve como base a carta de Solos e Aptidão do entre Douro e Minho referente ao ano de 1995, de modo a proceder-se a caracterização do solo, as suas aptidões e caracterização climática (Quadro 4.2).

Quadro 4.2. Quadro com a informação base dos elementos referentes a parcela.

Tipo Informação	Informação Base	Fonte Informação	Escala informação	Formato
Solos, aptidão, coeficiente de risco de erosão, litologia, declive e clima.	Carta de Solos	DRAEDM	1:100000	DGN
Limites administrativos	Carta Administrativa Oficial de Portugal	DGT	-	Shapefile
Carta de insolação, geadas, precipitação, humidade relativa e temperatura.	Atlas do Ambiente	IA	1:100000	Shapefile

Fonte: (Agroconsultores e Geometral, 1995)

4.2.1. Fisiografia

A caracterização altimétrica teve como base a carta de Solos e Aptidão do Entre Douro e Minho. Com estas cartas, foi possível obter informações referentes a altura dos objetos, com o intuito de produzir curvas de nível. Com estes elementos geográficos representativos da altitude da parcela, foi possível extrair um modelo digital de elevação e informação derivada, como os declives e a exposição solar. A produção das curvas de nível permitiu obter um modelo digital da elevação do terreno, uma carta com a exposição solar da parcela e uma carta de declives.

4.2.2. Caracterização edafo-climática

De acordo com os dados apresentados na "Carta de Solos e Aptidão do Entre Douro e Minho", o clima da região é caracterizado tendo como ponto de partida os seguintes parâmetros: a temperatura e humidade na sua vertente máxima, mínima e média; a evapotranspiração potencial; o isolamento; número de horas de geada o seu primeiro dia e o seu último dia sendo estes valores de referência e nebulosidade.

Estes aspetos meteorológicos fornecem uma compreensão mais profunda do padrão climático local e são cruciais para determinar a aptidão agrícola, o potencial produtivo das culturas e outros impactos ambientais relevantes. A consideração dessas informações é de suma importância para a gestão sustentável dos recursos naturais, o planeamento agrícola e o desenvolvimento regional. Através da aplicação dessas variáveis climáticas em estudos científicos, torna-se possível uma tomada de decisões fundamentada e embasada em dados concretos para a otimização de práticas agrícolas e mitigação de possíveis riscos ambientais. Sendo assim, a análise detalhada dos parâmetros climáticos no Entre Douro e Minho, apresentada na referida carta de solos e aptidão, contribui significativamente para o avanço do conhecimento e a promoção da sustentabilidade na região, bem como serve de base para futuras pesquisas relacionadas ao clima e suas

implicações em ambientes similares. Para a elaboração deste trabalho passam pela temperatura, humidade e precipitação (Quadro 4.3.).

Quadro 4.3. Caracterização das zonas climáticas homogêneas (temperatura e precipitação).

Temperatura	Altimetria (m)	Precipitação (mm)
Q- Temperado Quente	300 - 400	Q5 - $1000 < R \leq 1200$ Q6 - $R \leq 1000$
QA- Temperado Quente Atlântico	250 - 400	Qa1 - $R > 2400$ Qa2 - $2000 < R \leq 2400$ Qa3 - $1600 < R \leq 2000$ Qa4 - $1200 < R \leq 1600$ Qa5 - $1000 < R \leq 1200$
QI- Temperado Quente Litoral	< 250	Ql1 - $R > 2400$ Ql2 - $2000 < R \leq 2400$ Ql3 - $1600 < R \leq 2000$ Ql4 - $1200 < R \leq 1600$ Ql5 - $1000 < R \leq 1200$

Fonte: (Agroconsultores e Geometral, 1995)

4.2.3. Solos e aptidão da terra

A caracterização do solo da parcela em causa teve por base a carta de solos e aptidão da região Entre Douro e Minho, cujos principais editores foram as empresas Agroconsultores e Geometral. Esta carta foi encomendada pela Direção Regional da Agricultura do Entre Douro e Minho (DRAEDM) atualmente Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte e remonta ao ano de 1995.

A carta descreve minuciosamente o levantamento dos solos da área e, como resultado, permite a avaliação das aptidões da terra para diversas finalidades, incluindo a agricultura, a silvicultura e a atividade pastoril, entre outras. A análise detalhada destas características do solo é fundamental para um planeamento agrícola e ambiental adequado, bem como para a implementação de práticas sustentáveis que visem a otimização dos recursos naturais disponíveis na região. O embasamento científico fornecido por esta carta de solos e aptidão é essencial para o desenvolvimento e aprimoramento das atividades agropecuárias e florestais, possibilitando uma gestão mais eficiente e consciente do território abrangido pelo Entre Douro e Minho.

Com base na análise da presente carta, foram selecionados os seguintes fatores: solos dominantes, litologia e erodibilidade, com o objetivo de obter uma compreensão mais aprofundada da parcela em estudo. O solo dominante encontrado na área de pesquisa possui uma base litológica constituída por uma única classe, a rocha ígnea intrusiva do Granito e rochas afins, sendo que todos os solos presentes derivam dessa mesma rocha. O solo nesta área específica foi classificado como antrossolo e apresenta um baixo risco

de erodibilidade. Essas informações são essenciais para a avaliação da capacidade produtiva e sustentabilidade da parcela, bem como para o planejamento adequado de atividades agrícolas e ambientais nesta região.

4.3. Espectro-Radiometro de Campo e Camara Scholander

A câmara de pressão utilizada para a medição do potencial hídrico de ramos foi o modelo PMS 600 (Figura 4.6) fabricado pela empresa PMS Instrument Company. As dimensões da câmara são de 33 cm de largura, 28 cm de comprimento e 24 cm de altura, com um peso de 6 kg. Este equipamento possui uma câmara de pressão em alumínio anodizado e um sistema de medição em bar-PSI. Ele é equipado com um sistema de selagem de ¼ de polegada para evitar a liberação de gás. Para o seu funcionamento adequado, é necessário injetar gás azoto e é uma excelente opção para medições rotineiras de água em plantas cultivadas e para investigações leves em plantas com um nível moderado de stress hídrico (PMS, 2022).



Figura 4.6. Camara Scholander utilizada para recolha dos dados.

O espectrorradiômetro portátil FieldSpec Pro, fabricado pela empresa ASD Inc., é amplamente utilizado em pesquisas científicas para a análise espectral e a detecção remota de materiais. Ele é projetado com uma faixa espectral abrangente e alta resolução espectral, permitindo a caracterização precisa das propriedades óticas de objetos e ambientes estudados. Possui uma resolução espectral de aproximadamente 1,4 nanômetros (nm) na faixa do visível e do infravermelho próximo (VNIR) e de 1,0 nm na

faixa do infravermelho de onda curta (SWIR). Essa alta resolução espectral permite uma análise detalhada das características espectrais dos materiais e das superfícies estudadas. A sua portabilidade e facilidade de uso tornam-no uma ferramenta valiosa em diversas áreas, como geologia, agricultura, ecologia e monitoramento ambiental. Com o FieldSpec Pro, é possível obter medições precisas da radiação eletromagnética refletida ou emitida em diferentes comprimentos de onda, proporcionando insights significativos para estudos científicos (ASD, 2002).



Figura 4.7. Espectro-Radiometro utilizado para recolha de dados.

4.4. Cálculo do Potencial Hídrico de Ramo e Extração das Curvas Espectrais

O potencial hídrico do ramo (Ψ_{st}) foi determinado ao meio-dia solar utilizando uma câmara de pressão, neste caso a PMS Model 600, seguindo o método desenvolvido por Scholander em 1965. Na etapa inicial do método, uma folha adulta saudável, livre de lesões e doenças, foi selecionada. A folha foi colocada num saco de alumínio selado, a fim de neutralizar qualquer interação com o ambiente externo, simulando assim as condições noturnas. A folha permaneceu nesse estado por 1 hora e, em seguida, foi cortada pela haste através de um único corte, garantindo uma superfície limpa. Em seguida, a folha foi removida do saco de alumínio e colocada no interior da câmara de pressão, sem sofrer danos, com o pecíolo do lado de fora. A câmara foi selada e a pressão foi gradualmente aumentada por meio de um doseador de gás inerte (azoto). A pressão foi aumentada até que uma gota fosse liberada pelo pecíolo, indicando que a pressão

dentro da câmara estava em equilíbrio com a pressão na folha. Esse ponto de equilíbrio foi observado através de uma lupa direcionada para o pecíolo. Quando a gota se tornou visível, a entrada de azoto foi fechada e o valor da pressão em bares negativos foi registado.

A extração das curvas espectrais foi realizada utilizando o espectrorradiômetro portátil FieldSpec Pro, após a recolha dos dados do potencial hídrico do ramo e a realização de três leituras da folha. Antes da recolha da amostra, o aparelho foi calibrado de forma a evitar erros ou distorções nas leituras (através da leitura de uma superfície branca, neste caso a tampa da fonte luminosa). Durante o processo de recolha das curvas, aguardou-se a estabilização da leitura e registaram-se os dados. Após a recolha de todas as amostras, os dados foram processados utilizando o programa ViewSpec Pro para obter os resultados para análise. A figura 4.8 representa uma das curvas obtidas e o comportamento esperado de uma folha de *actinídea*.

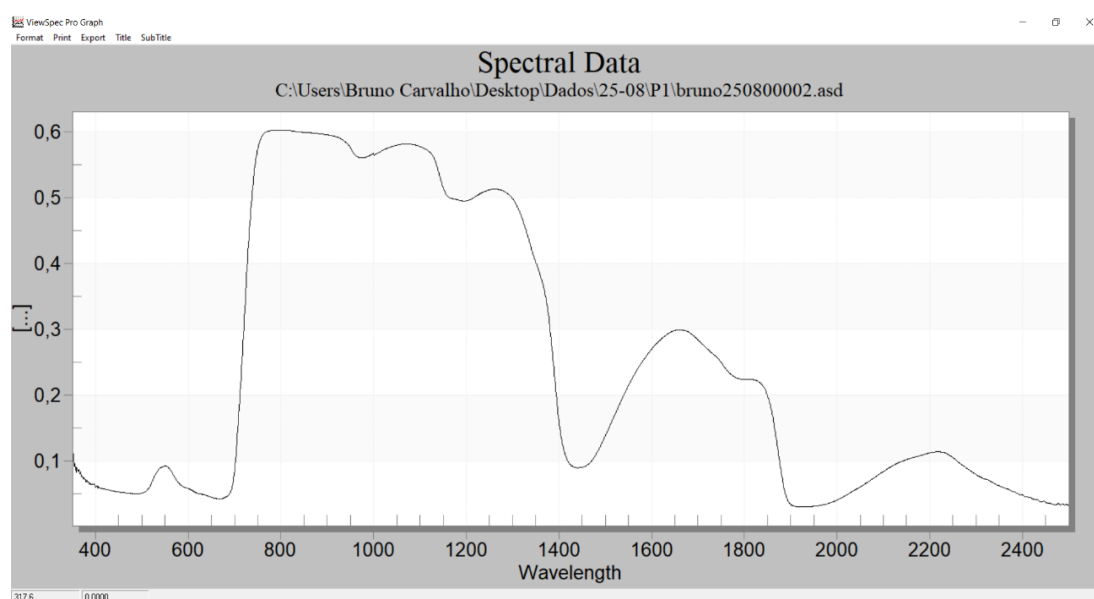


Figura 4.8. Exemplo curva espectral típica da *actinídea* obtida através do ViewSpec Pro.

4.5. Análise de Regressão

A análise de regressão é uma técnica estatística utilizada na modelação de relações entre variáveis. Este método oferece uma abordagem poderosa para entender a dependência de uma variável dependente em relação a uma ou mais variáveis independentes, permitindo a realização de previsões e inferências precisas.

A análise de regressão é um método estatístico que busca quantificar e modelar a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. Ela permite

estimar os efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente e avaliar a significância estatística desses efeitos (Draper & Smith, 1998).

A análise de regressão é baseada no princípio dos mínimos quadrados, que busca encontrar a linha ou superfície que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos entre os valores observados e os valores estimados pelo modelo. Essa linha ou superfície representa a relação linear ou não linear entre as variáveis (Montgomery *et al.*, 2012).

Existem vários tipos de análise de regressão, incluindo regressão linear simples, regressão linear múltipla e regressão não linear. Cada tipo de análise de regressão tem suas próprias suposições e métodos de aplicação, permitindo a escolha adequada conforme a natureza dos dados e a relação esperada entre as variáveis (Draper & Smith, 1998).

A análise de regressão envolve a determinação de uma relação matemática entre uma variável dependente (Y) e uma ou mais variáveis independentes (X). A fórmula básica para a análise de regressão linear simples, que envolve apenas uma variável independente, é a seguinte:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X$$

Onde:

- Y representa a variável dependente que queremos prever ou explicar;
- X representa a variável independente que usamos para prever ou explicar Y;
- b_0 é o coeficiente linear (ou intercepto) da reta de regressão, que representa o valor de Y quando X é igual a zero;
- b_1 é o coeficiente angular (ou inclinação) da reta de regressão, que representa a mudança em Y para cada unidade de mudança em X (Fisher, 1992).

Para a análise de regressão múltipla, onde há mais de uma variável independente, a fórmula, é a seguinte:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Onde:

- Y representa a variável dependente;
- $X_1, X_2, \dots, X_n$ representam as variáveis independentes;
- $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ são os coeficientes correspondentes a cada variável independente (Draper & Smith, 1998).

Essas fórmulas são a base da análise de regressão, e o objetivo é encontrar os valores dos coeficientes ($b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$) que melhor se ajustam aos dados, minimizando os erros entre os valores reais de Y e os valores previstos pela equação de regressão. Existem várias técnicas e métodos estatísticos para estimar esses coeficientes, como o método dos mínimos quadrados.

A análise de regressão tem uma ampla gama de aplicações em diferentes áreas. Na econometria, é utilizada para estudar a relação entre variáveis econômicas, como o impacto do PIB na inflação. Na pesquisa médica, é aplicada para investigar a relação entre fatores de risco e doenças. Também é usada em estudos sociais, engenharia, ciência ambiental e muitas outras áreas (Montgomery *et al.*, 2012).

A análise de regressão apresenta várias vantagens em relação a outras técnicas de modelação. Uma das principais vantagens é a capacidade de quantificar e medir a relação entre variáveis, permitindo a realização de previsões e inferências. Além disso, a análise de regressão é flexível e pode ser adaptada a diferentes tipos de dados e relações, desde relações lineares simples até modelos mais complexos (Draper & Smith, 1998).

A análise de regressão é uma técnica estatística poderosa para modelação de relações entre variáveis. A sua capacidade de quantificar e medir os efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente permite uma melhor compreensão dos fenômenos e a realização de previsões precisas (Montgomery *et al.*, 2012).

4.6. Calibração e Validação

O espectro radiômetro portátil FieldSpec Pro passou por um processo de calibração em campo antes da recolha dos dados espectrais. Durante esta calibração, foi utilizado um painel de referência de superfície branca, como uma placa de calibração ou uma folha de calibração com reflectância conhecida. O espectro radiômetro foi apontado para o painel de referência, registrando as leituras espectrais correspondentes.

Esta calibração em campo foi realizada com o objetivo de corrigir possíveis desvios ou distorções nas medições espectrais subsequentes efetuadas durante a recolha de dados no terreno. Esta etapa de calibração em campo é fundamental para assegurar a precisão e a fiabilidade dos dados espectrais obtidos pelo FieldSpec Pro.

Após a conclusão da calibração em campo, o espectro radiômetro portátil FieldSpec Pro estava pronto para efetuar a recolha de dados espectrais das amostras de interesse, como

vegetação, solo ou outros materiais. Os dados espectrais recolhidos foram posteriormente processados e analisados, fornecendo informações relevantes sobre as características físicas e químicas dos materiais estudados.

A calibração em campo do espectro radiómetro portátil FieldSpec Pro é um procedimento essencial, contribuindo significativamente para a qualidade e a precisão das medições espectrais realizadas em estudos científicos e aplicações diversas, tais como deteção remota, estudos ambientais e agricultura de precisão.

A validação dos dados obtidos pelo espectro radiómetro portátil FieldSpec Pro foi realizada por meio de análise de regressão linear. A fim de avaliar a precisão e a confiabilidade das medições espectrais, foram utilizados dados de referência previamente estabelecidos ou obtidos por meio de métodos complementares.

Nesse processo de validação, os valores espectrais medidos foram comparados com os valores de referência correspondentes. A análise de regressão linear foi então aplicada para determinar a relação entre os dados medidos e os dados de referência, bem como para quantificar a qualidade do ajuste dos pontos.

Foram calculados os coeficientes de regressão, como o coeficiente de determinação (R^2), que fornece uma medida da variação dos dados que é explicada pelo modelo de regressão. Valores próximos a 1 indicam uma boa relação entre os dados medidos e os dados de referência.

Além disso, outros parâmetros de regressão, como o coeficiente angular e o coeficiente linear, foram estimados para descrever a relação linear entre as variáveis. Esses parâmetros fornecem informações sobre o desempenho do espectro radiómetro e a presença de eventuais desvios ou erros sistemáticos.

A análise de regressão linear é uma abordagem comumente utilizada na validação de dados espectrais e desempenha um papel fundamental na avaliação da confiabilidade e da precisão das medições realizadas pelo FieldSpec Pro.

4.7. Análise Parcial de Mínimos Quadrados

A análise parcial de mínimos quadrados (*Partial Least Squares* - PLS) é uma técnica estatística utilizada na modelação de dados. Ela oferece uma abordagem preponderante para entender as relações entre variáveis e realizar previsões precisas (Wold, 1966).

É um processo estatístico que permite modelar relações complexas entre variáveis. Ao contrário da regressão linear tradicional, a PLS possibilita modelar múltiplas variáveis dependentes e independentes simultaneamente, capturando as relações interdependentes entre elas (Geladi & Kowalski, 1986).

Este método funciona pela identificação dos componentes latentes que representam a estrutura subjacente dos dados. Esses componentes são construídos de forma a maximizar a covariância entre as variáveis independentes e dependentes, permitindo uma melhor modelação dos dados (Abdi, 2010).

É uma técnica iterativa, em que cada interação ajusta os componentes latentes aos dados, refinando gradualmente o modelo. Durante o processo, são calculados os pesos das variáveis, indicando a sua relevância relativa na explicação da variabilidade dos dados (Frank & Friedman, 1993).

A análise parcial de mínimos quadrados tem uma ampla gama de aplicações em diferentes áreas. Na ciência de dados, é utilizada para análise de dados multivariados, modelação preditiva e seleção de variáveis. Na química, é empregada na análise de espectros e na determinação de estruturas moleculares. Também é aplicada em áreas como bioinformática, engenharia e economia, onde a relação entre múltiplas variáveis é de interesse (Rosipal & Krämer, 2005).

Apresenta várias vantagens em relação a outras técnicas de modelação de dados. Uma das principais vantagens é a capacidade de lidar com conjuntos de dados de alta dimensionalidade e correlações complexas entre as variáveis. Além disso, a PLS pode lidar com dados incompletos, tornando-a numa abordagem valiosa para a modelação de dados complexos (Geladi & Kowalski, 1986).

Em resumo, este método torna-se relevante e versátil para a modelação de dados. Possui uma enorme capacidade de lidar com relações complexas entre variáveis e a sua robustez em relação a diferentes desafios dos dados tornam-na uma ferramenta essencial em várias áreas de estudo. Ao aplicar a análise parcial de mínimos quadrados permite obter perspectivas detalhadas sobre os dados e realizar previsões mais precisas (Wold, 1966).

Esse método estatístico é amplamente utilizado para avaliar a qualidade e a confiabilidade das medições espectrais. Na análise parcial dos mínimos quadrados, os valores espectrais medidos pelo FieldSpec Pro foram comparados com os valores de referência correspondentes. O objetivo foi encontrar a melhor função matemática que descreva a

relação entre os dados medidos e os dados de referência. Por meio da minimização da soma dos resíduos quadrados entre os valores medidos e os valores previstos pela função ajustada, é possível obter os coeficientes que melhor representam a relação entre as variáveis.

A análise parcial dos mínimos quadrados permite determinar os coeficientes do modelo de regressão que descreve a relação entre as variáveis dependentes e independentes. Esses coeficientes são estimados de forma a minimizar o erro entre os valores medidos e os valores previstos pelo modelo. A qualidade do ajuste do modelo é avaliada através de medidas estatísticas, como o coeficiente de determinação (R^2), que indica a proporção da variação dos dados que é explicada pelo modelo. Valores próximos a 1 indicam um bom ajuste do modelo aos dados observados.

A análise parcial dos mínimos quadrados é uma abordagem robusta e confiável para validar os dados espectrais obtidos, fornecendo informações importantes sobre a precisão e a qualidade das medições.

5. Apresentação e Análise de Resultados

Neste capítulo e nos capítulos seguintes, iremos analisar as curvas espectrais, os resultados das análises de componentes principais, as medições diárias dos valores de potencial e NDVI e, posteriormente, proporcionar uma síntese abrangente de todas as amostras recolhidas.

5.1. Resultados dia T1

Em cada dia de recolha de dados, procedeu-se à análise da assinatura espectral de cada folha considerada, com o intuito de obter uma primeira percepção do estado dos dados e das discrepâncias entre as diferentes estratégias de rega empregues. A Figura 5.1 apresenta as curvas correspondentes às amostras do grupo T1, onde se evidencia o padrão típico das folhas de *actinídea*. Importa salientar que, devido à presença de humidade no solo, as amostras revelaram variações pouco significativas consoante a estratégia de rega adotada, como será posteriormente analisado.

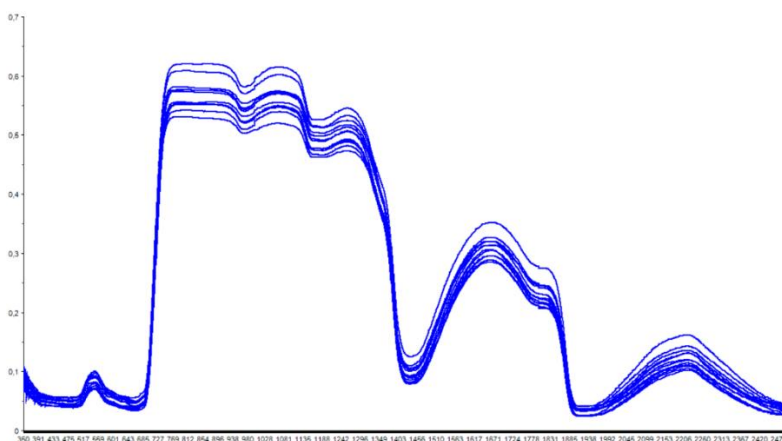


Figura 5.1. Assinaturas espectrais das amostras T1.

Posteriormente, o protocolo metodológico prosseguiu com a implementação da análise das componentes principais (PCA), que desempenhou um papel crucial. Esta etapa revelou-se essencial para avaliar o estado dos dados coletados, bem como para derivar novas variáveis com base nos valores de refletância. Esse processo culminou na redução do número total de variáveis, otimizando a representação dos dados. No contexto da análise referente ao dia T1, um resultado notável emergiu: aproximadamente 92 % da variabilidade foi explicada por apenas duas variáveis principais. Esse achado é ilustrado de forma gráfica na Figura 5.2.

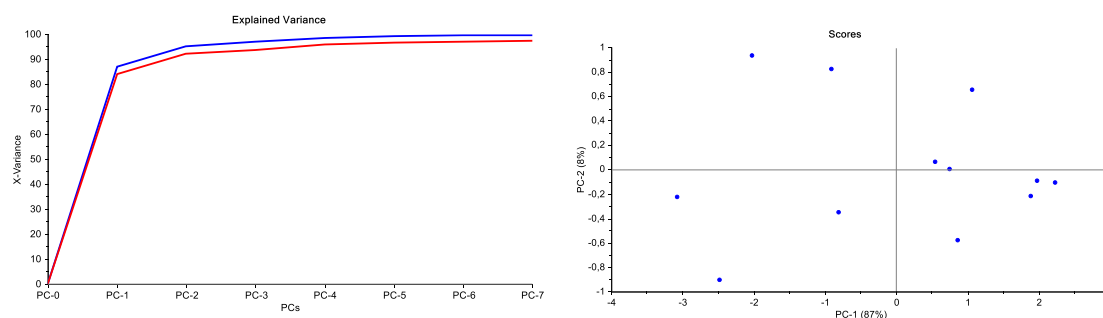


Figura 5.2. Análise componentes principais (PCA) T1.

Após a obtenção dos resultados da análise de componentes principais (PCA), procedeu-se à investigação aprofundada dos valores dos potenciais obtidos. Essa exploração teve como objetivo compreender os comportamentos subjacentes a cada assinatura espectral em relação aos potenciais hídricos dos ramos associados. Contudo, como já mencionado anteriormente, nesse dia específico, as discrepâncias antecipadas entre as estratégias de rega não se manifestaram nos resultados. Os valores dos potenciais apresentaram uma notável similaridade, o que contraria as expectativas, considerando que parte das amostras foi submetida a 50 % da rega total, enquanto as restantes receberam 100 %.

Uma situação exemplar que ilustra claramente a falta de diferenciação entre os valores dos potenciais e as estratégias de rega ocorre nos pontos F01_T1 e F02_T2 (Tabela 5.1.). Nesses casos, apesar de o ponto F02_T2 ter recebido apenas metade da quantidade de água em comparação com o ponto F01_T1, os valores dos potenciais são notavelmente semelhantes. Essa aparente discrepância pode ser atribuída à peculiaridade do lençol freático nessa área específica. A presença de um lençol freático superficial impede que as plantas percebam efetivamente a variação nas estratégias de rega, tornando difícil a deteção das diferenças pelos valores de potencial hídrico.

Esta observação realça a influência crítica da hidrologia local nas interações entre as estratégias de rega e os potenciais hídricos das plantas, evidenciando a necessidade de uma compreensão mais profunda das condições edáficas para uma interpretação precisa das respostas vegetais às diferentes estratégias de irrigação.

Tabela 5.1. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (15/07/2022).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T1	T1	1	7
F02_T1	T1	0,5	8
F03_T1	T1	1	9
F04_T1	T1	0,5	7,5
F05_T1	T1	0,5	7
F06_T1	T1	1	
F07_T1	T1	0,5	7
F08_T1	T1	1	7
F09_T1	T1	1	9
F10_T1	T1	0,5	7
F11_T1	T1	1	8
F12_T1	T1	0,5	7,5

5.1.1. NDVI

Na busca pela integração das leituras do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com os potenciais hídricos e assinaturas espectrais das amostras, foi implementada a coleta do NDVI em cada ponto de amostragem. Esse índice foi calculado com base em imagens de satélite previamente obtidas. No entanto, devido à limitada extensão da parcela de estudo, bem como à convergência dos valores de potencial hídrico influenciados pela presença de água no solo, a maturidade do pomar e a incidência de doenças (como o PSA), não foram observadas diferenças notáveis nos valores ao longo do período de coleta dos dados. Uma exceção notável foi identificada no ponto F01_T1 (Figura 5.3.), onde o índice de vegetação foi inferior. Essa diminuição pode ser atribuída à condição debilitada da copa da planta, resultante de um ataque de doença que comprometeu sua vitalidade e vigor.

As circunstâncias peculiares da parcela de estudo demonstram a complexidade envolvida na interpretação e análise integrada dos dados, onde fatores como a dimensão da área, a heterogeneidade das condições do solo, a idade das árvores e o impacto das doenças podem ocultar as diferenças esperadas nas medições. Isso reforça a importância de considerar um objetivo mais amplo de fatores e variáveis para obter uma compreensão abrangente das interações entre as diferentes características e os resultados obtidos.

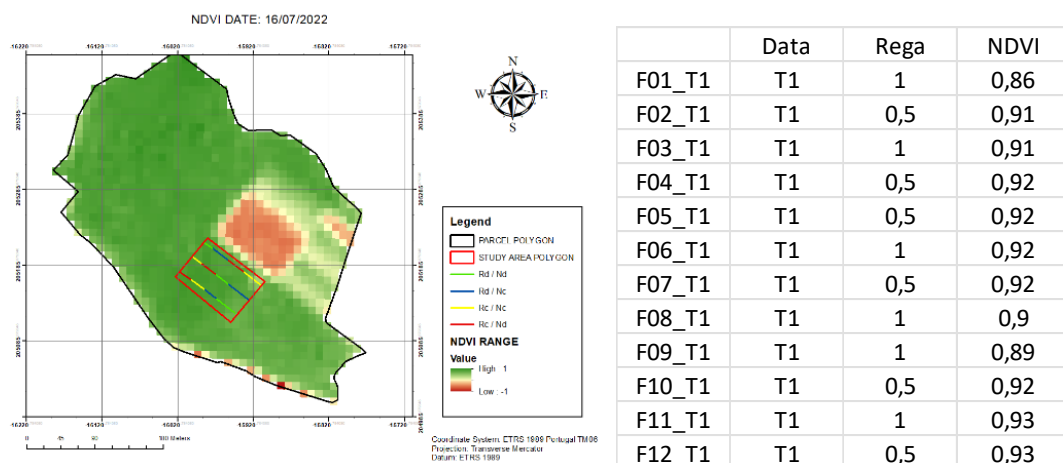


Figura 5.3. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) obtido no dia T1 e valores de cada ponto.

5.1.1. Refletância vs. Potencial

O método de estimação empregado para derivar os valores de potencial hídrico a partir dos dados de refletância baseou-se na análise de regressão parcial de mínimos quadrados (PLS), uma abordagem amplamente adotada em estudos que envolvem assinaturas espectrais, a validação utilizada foi a cruzada onde o modelo retira um ponto e cria o modelo validando mais tarde com todos os pontos, e assim sucessivamente. O principal propósito dessa análise foi construir um modelo preditivo que permitisse estimar os valores de potencial hídrico sem a necessidade de recorrer à câmara de Scholander. Lamentavelmente, ao conduzir essa análise para todo o intervalo espectral (350-2500 nm), os resultados não puderam proporcionar uma previsão satisfatória, resultando na incapacidade de obter um coeficiente de determinação (R^2) adequado, conforme evidenciado na Figura 5.4.

As complexidades envolvidas na relação entre a refletância espectral e os valores de potencial hídrico se tornaram evidentes ao longo desse processo. As limitações do modelo PLS em abranger todo o espectro e capturar a variabilidade da relação entre essas duas variáveis destacam a necessidade de uma abordagem mais cuidadosa na seleção das faixas espectrais relevantes e na consideração de fatores externos que possam influenciar essa relação. A busca pela calibração precisa desse modelo preditivo requer análises futuras mais detalhadas e talvez a exploração de técnicas complementares para otimizar a previsão dos valores de potencial hídrico a partir das assinaturas espectrais.

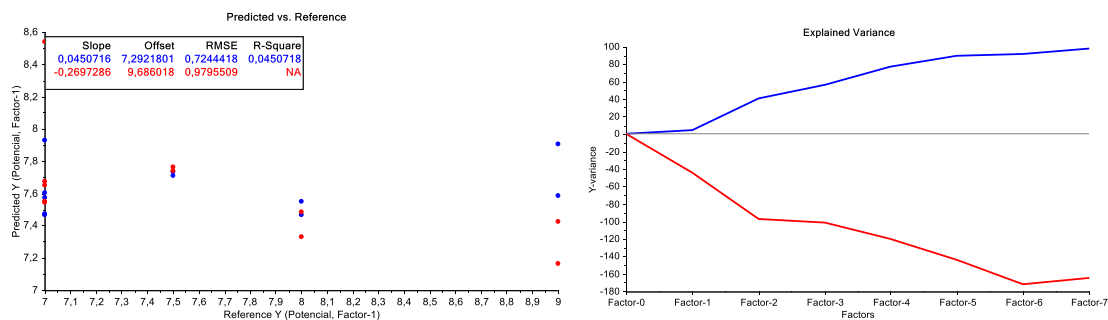


Figura 5.4. Teste PLS das amostras do dia T1.

5.1.2. VIS vs. Potencial

Na tentativa de melhorar o coeficiente de determinação (R^2) e reconhecendo que nem todas as bandas espectrais são ideais para investigar a quantidade de água presente nas folhas, uma abordagem mais focalizada foi adotada. Nesse sentido, concentrou-se na faixa do espectro visível (350-700 nm), uma vez que essa faixa parece mais adequada para o estudo da humidade foliar. A restrição espectral permitiu alcançar um valor de R^2 igual a 0,51, indicando uma melhoria na capacidade do modelo em explicar as variações nos dados. Quatro fatores foram identificados como contribuintes, responsáveis por explicar 51 % da variabilidade observada.

Ao restringir a análise às bandas espectrais do espectro visível, os resultados sugerem que essa faixa de comprimento de onda é mais informativa e sensível às variações na quantidade de água nas folhas. Isso pode ser atribuído à maior absorção e reflexão da luz nessa região do espectro em resposta às mudanças no conteúdo de água nas folhas. A obtenção de um R^2 mais substancial indica uma melhoria na precisão das previsões do potencial hídrico a partir das assinaturas espectrais, destacando a importância de selecionar com precisão as bandas espectrais relevantes para a aplicação pretendida.

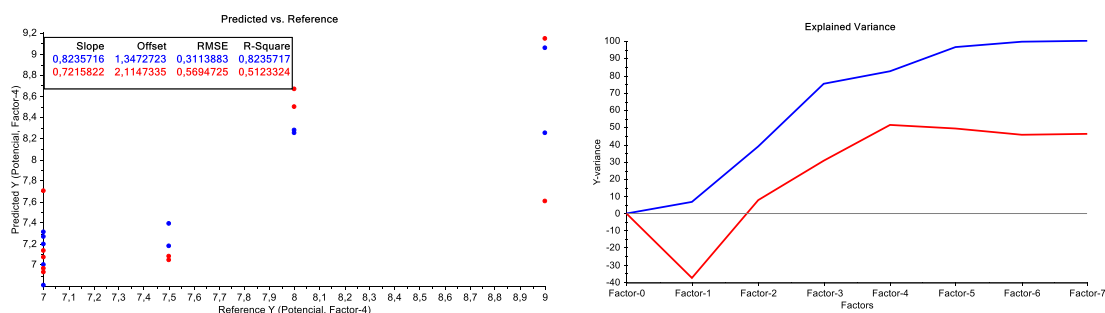


Figura 5.5. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).

5.1.3. NIR Vs Potencial

Ao expandir a abordagem para incluir a faixa espectral do infravermelho próximo (NIR, 701-1000 nm), uma tentativa foi feita para explorar a relação entre essa faixa de comprimento de onda e o potencial hídrico. No entanto, os resultados não foram favoráveis nesse caso. O modelo não conseguiu identificar nenhuma correlação significativa entre as assinaturas espectrais nesse intervalo e os valores do potencial hídrico. Isso resultou na incapacidade de estabelecer um coeficiente de determinação (R^2) apropriado.

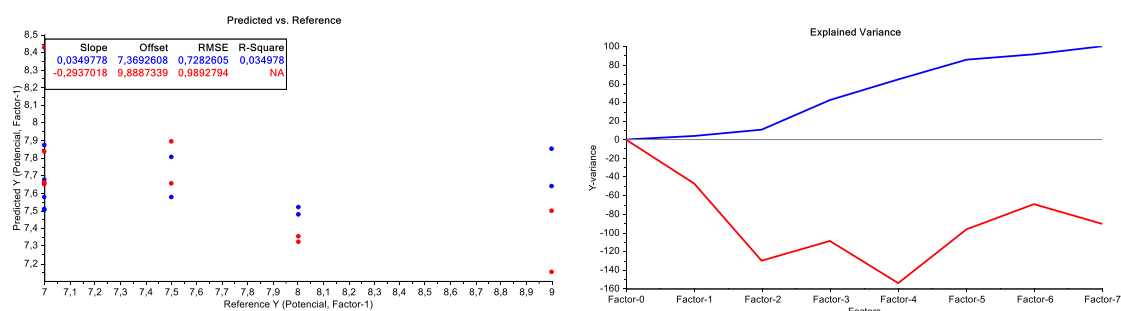


Figura 5.6. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 nm).

5.1.4. SWIR Vs Potencial

A tentativa de explorar a faixa espectral do infravermelho de onda curta (SWIR, 1001-2500 nm) também não obteve resultados positivos. O modelo empregado não conseguiu estabelecer uma correlação significativa entre as assinaturas espectrais dessa faixa e os valores do potencial hídrico, o que resultou na incapacidade de obter um coeficiente de determinação (R^2) adequado.

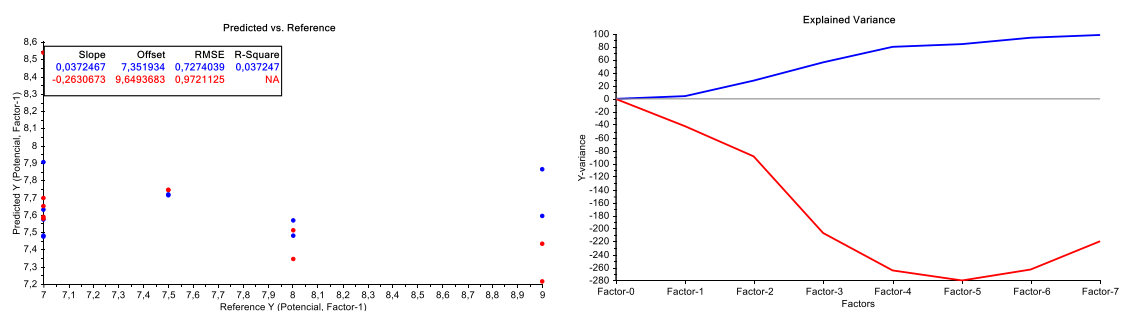


Figura 5.7. Teste PLS das amostras do dia T1 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 nm).

5.1.5. Validação dos Dados

Após desenvolver o modelo de predição para o potencial hídrico, uma etapa crucial foi a validação do modelo por meio de regressão linear. Esse processo envolveu a comparação entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais do potencial hídrico,

acompanhados dos erros associados a essas previsões. Nas amostras do grupo T1, foram observadas previsões aceitáveis em algumas instâncias. Por exemplo, o modelo previu que o ponto F03_T1 teria um potencial de aproximadamente 7,6, enquanto o valor real era de 9, resultando em um erro de 0,56. Similarmente, no caso do ponto F01_T1, o modelo também fez uma previsão precisa, com o valor previsto de 7,5 próximo ao valor real de 7, gerando um erro de 0,73.

No entanto, é importante destacar que, no contexto deste dia de amostragem específico, nem todas as previsões demonstraram essa mesma precisão. Algumas leituras exibiram disparidades notáveis entre as previsões do modelo e os valores reais. Essa variação nas previsões pode ser atribuída a múltiplos fatores, como as complexidades das interações entre as propriedades espectrais das plantas e os valores do potencial hídrico, bem como influências externas não consideradas pelo modelo.

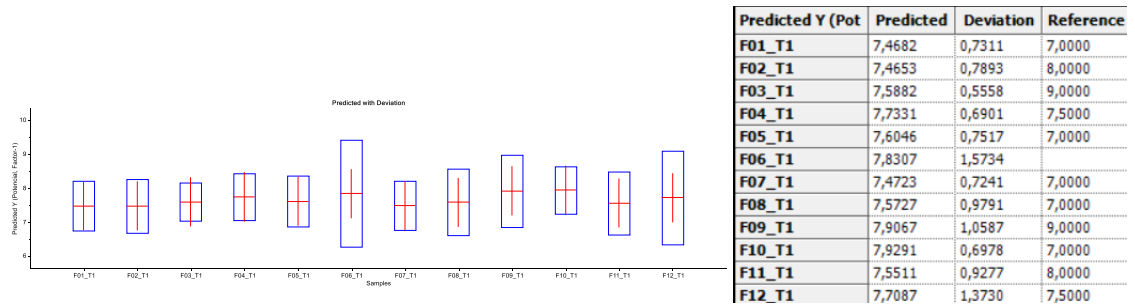


Figura 5.8. Previsão obtida pela regressão linear no T1.

5.2. Resultados dia T2

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos a partir das amostras do grupo T2. A Figura 5.9 ilustra as curvas correspondentes a essas amostras, permitindo-nos realizar uma análise comparativa em relação ao grupo T1. Observamos que, ao comparar as assinaturas espectrais do grupo T2 com as do grupo T1, é evidente uma menor disparidade entre elas. Este resultado sugere a presença de características espectrais mais semelhantes no grupo T2 em comparação com o grupo T1, o que pode ter implicações significativas para a nossa investigação. A próxima seção abordará a discussão detalhada dessas descobertas, explorando as implicações e os possíveis motivos subjacentes a essa observação.

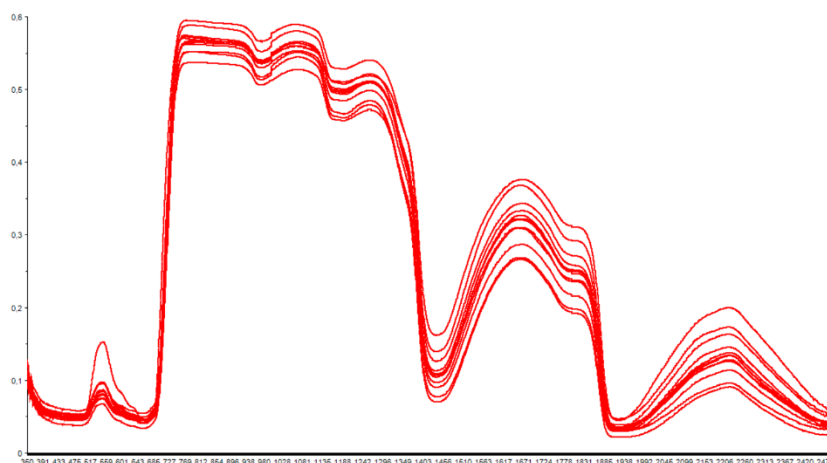


Figura 5.9. Assinaturas espectrais das amostras T2.

No âmbito da análise relativa ao dia T2, destaca-se um resultado notável: aproximadamente 93 % da variabilidade foi explicada por apenas duas variáveis principais, e 97 % por duas variáveis principais. Esta observação ressalta a influência significativa dessas duas variáveis principais na explicação da variabilidade dos dados coletados no dia T2.

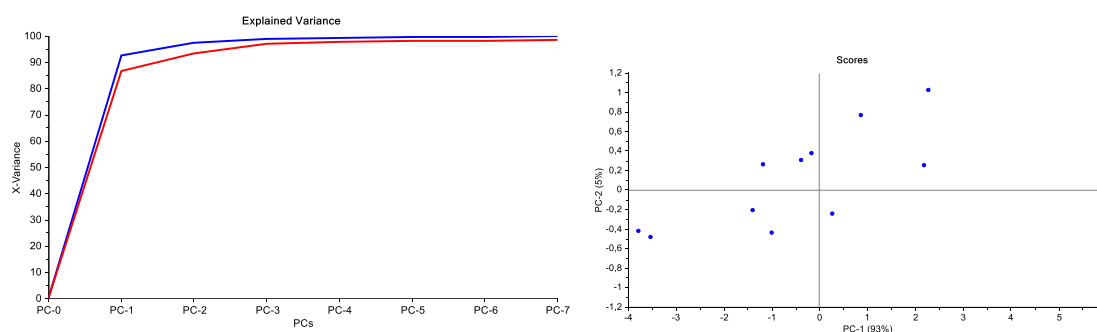


Figura 5.10. Análise componentes principais (PCA) T2.

Nas amostras analisadas, embora persistam potenciais muito semelhantes nas estratégias de rega distintas, já se evidenciam diferenças significativas entre alguns pontos (conforme apresentado na Tabela 5.2). Essas variações potenciais podem representar um avanço significativo na melhoria dos coeficientes de determinação (R^2) e, consequentemente, contribuir para a obtenção de um modelo de previsão mais preciso.

Tabela 5.2. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (28/07/2022).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T2	T2	1	4
F02_T2	T2	0,5	6
F03_T2	T2	1	6,5
F04_T2	T2	0,5	5
F05_T2	T2	0,5	6,5
F06_T2	T2	1	7
F07_T2	T2	0,5	7,5

F08_T2	T2	1	7,5
F09_T2	T2	1	4
F10_T2	T2	0,5	8
F11_T2	T2	1	7,5
F12_T2	T2	0,5	7

5.2.1. NDVI

No contexto das amostras obtidas no dia T2, observamos que os valores do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) exibem um padrão de comportamento semelhante ao dos dados coletados no dia T1. A despeito de uma ligeira diminuição nesses valores, atribuída a fatores externos como as variações nas temperaturas, aplicações específicas, o estado de saúde das árvores e a redução na percentagem de humidade do solo, a tendência geral permanece inalterada.

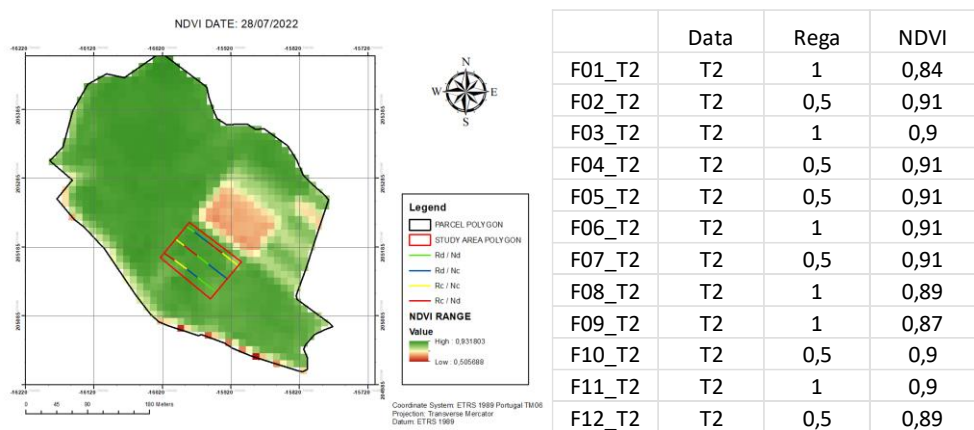


Figura 5.11. NDVI obtido no dia T2 e valores de cada ponto.

5.2.2. Refletância vs. Potencial

Graças à superior qualidade dos dados obtidos no dia T2, conseguimos alcançar um coeficiente de determinação (R^2) altamente satisfatório, com um valor de R^2 igual a 0,66. Nesse cenário, apenas três variáveis são necessárias para representar aproximadamente 66 % da variabilidade observada nos dados. Esses resultados constituem um avanço significativo e oferecem a base sólida para o desenvolvimento de um modelo de previsão mais preciso.

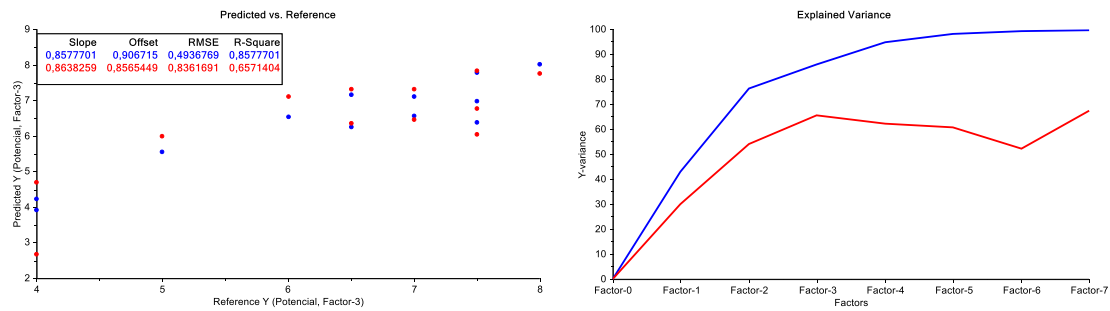


Figura 5.12. Teste PLS das amostras do dia T2.

5.2.3. VIS vs. Potencial

A imposição de restrições espectrais possibilitou alcançar um valor notável de R^2 igual a 0,74, apontando para uma substancial melhoria na habilidade do modelo em explicar as variações presentes nos dados. Neste cenário, identificaram-se cinco fatores que desempenham um papel essencial na explicação de 74 % da variabilidade observada.

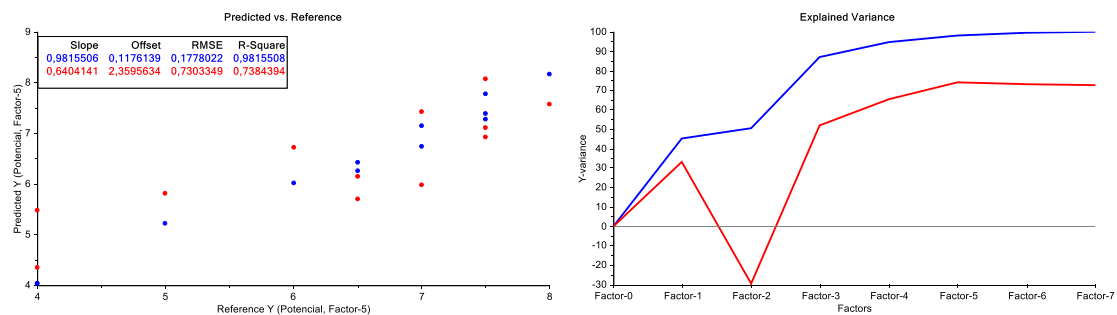


Figura 5.13. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).

5.2.1. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho próximo revelou um desempenho notável, com um valor de R^2 impressionante de 0,85. Essa descoberta representa uma significativa melhoria na capacidade do sistema de previsão e reforça a ideia de que, no contexto do estudo da quantidade de água nas folhas, a faixa espectral do infravermelho próximo se destaca como a mais eficaz entre as três faixas testadas.

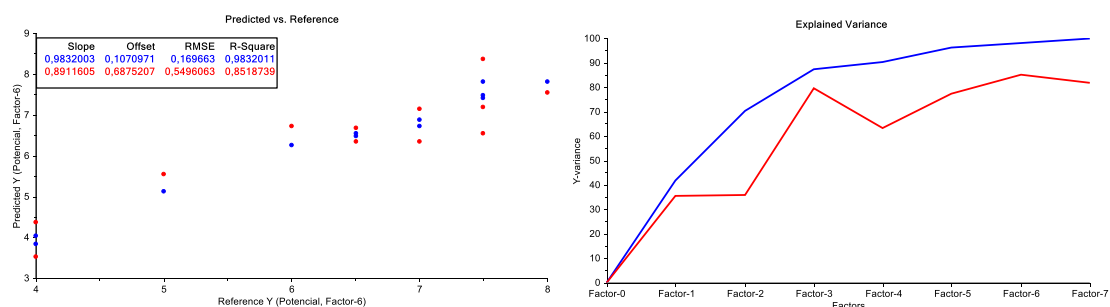


Figura 5.14. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).

5.2.2. SWIR Vs Potencial

A faixa espectral do infravermelho de onda curta (SWIR, 1001-2500 nm) apesar de também ter calculado um R^2 bastante bom (0,72), foi a que deu mais baixo, dando a entender, que das três faixas é a menos indicada para calcular a quantidade de água.

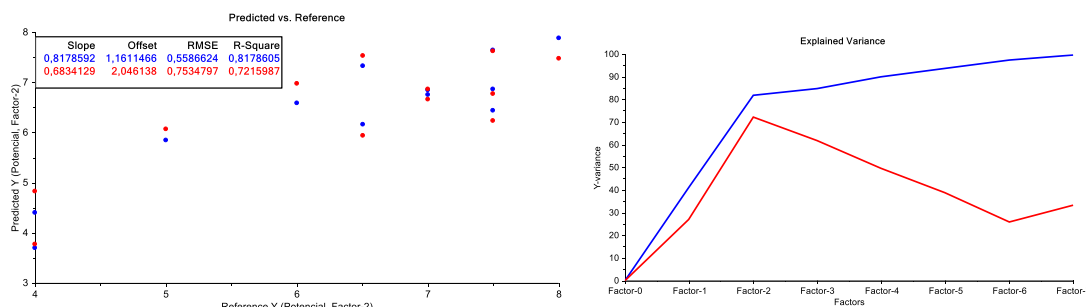


Figura 5.15. Teste PLS das amostras do dia T2 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

5.2.3. Validação dos Dados

A validação dos dados do dia T2 resultou na criação de um modelo de previsão substancialmente mais confiável e preciso. O erro entre os valores previstos e os pontos de referência é agora menor, e na maioria dos casos, os valores previstos estão muito próximos dos valores de referência. Isso é exemplificado pela amostra T01_T2, onde o valor de potencial é quatro, e o modelo, com base nos dados de refletância, forneceu uma previsão de 3,9. A consistência entre esses valores ressalta a precisão do modelo.

Em alguns casos, como a amostra F11_T2, houve uma discrepância maior entre o valor previsto (6,99) e o valor de referência (7,5). No entanto, essas discrepâncias isoladas podem ser avaliadas com mais detalhes para entender as causas subjacentes e identificar oportunidades de melhoria no modelo. No geral, os resultados da validação reforçam a confiabilidade e a utilidade do modelo de previsão desenvolvido a partir dos dados do dia T2.

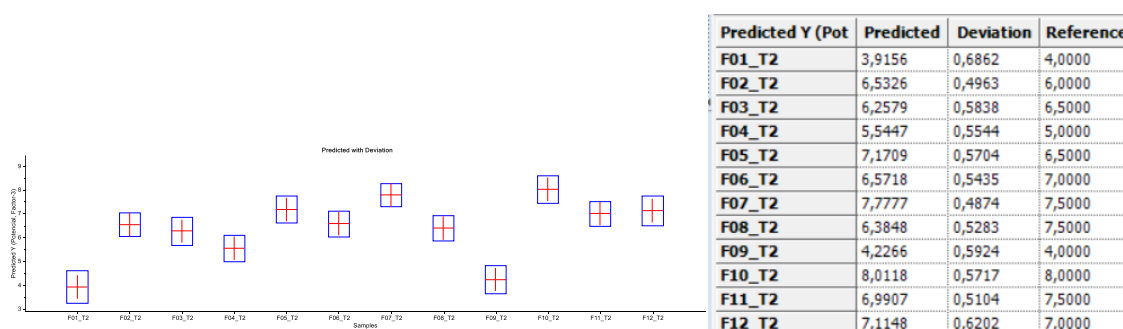


Figura 5.16. Previsão obtida pela regressão linear no T2.

5.3. Resultados dia T3

Na Figura 5.17, é evidente que as assinaturas espectrais exibem uma disparidade geralmente menor entre elas, com uma notável exceção no ponto F06_T3. Este ponto específico, representado por uma curva espectral distinta, destaca-se de forma significativa em relação aos demais pontos da análise.

A menor disparidade observada entre as demais assinaturas espectrais na figura sugere uma coerência geral nas características espectrais das amostras.

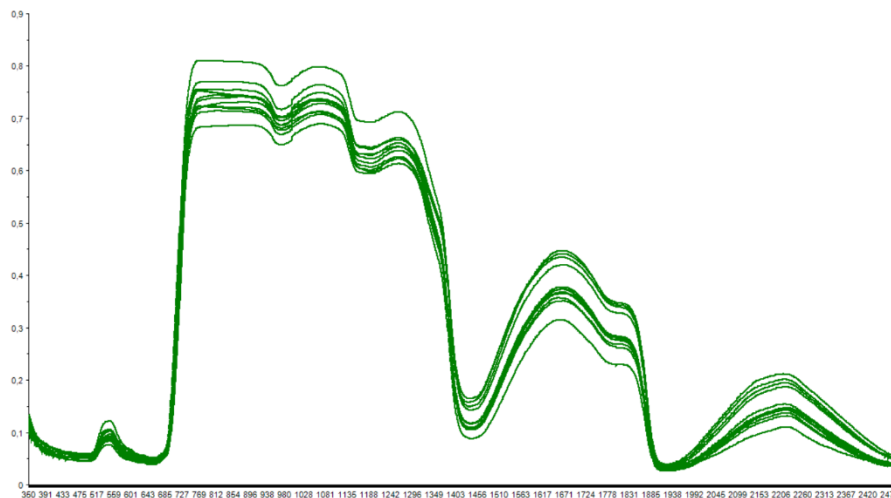


Figura 5.17. Assinaturas espectrais das amostras T3.

No âmbito da análise realizada no dia T3, surgiu um resultado notável: cerca de 93 % da variabilidade foi explicada por apenas uma variável principal. Esse achado destaca a influência extremamente significativa dessa variável na explicação da variabilidade dos dados coletados no dia T3.

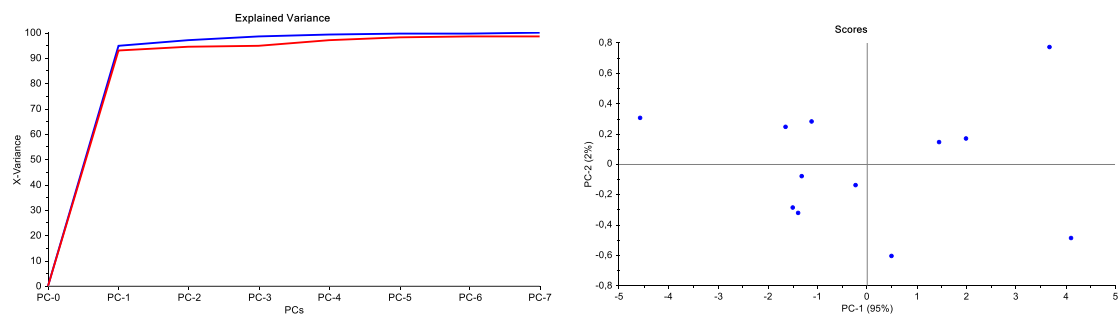


Figura 5.18. Análise componentes principais (PCA) T3.

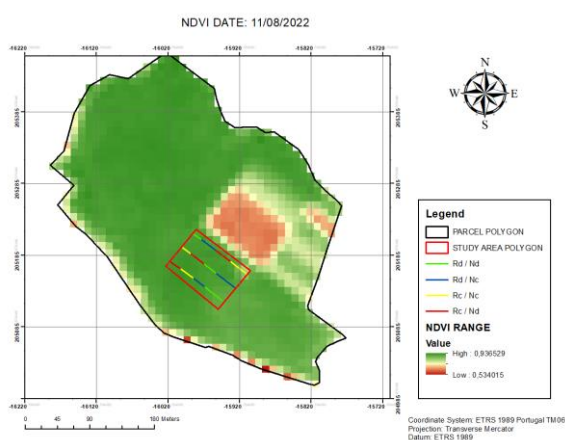
Os resultados referentes aos valores de potencial apresentaram uma notável similaridade, o que contraria as expectativas. Isso é especialmente intrigante, considerando que parte das amostras foi submetida a uma rega de apenas 50 % em comparação com a rega total de 100 %. No entanto, no dia T3, observou-se que o valor do potencial em alguns pontos era, de facto, superior na rega total em comparação com a rega deficitária, algo que, de acordo com as expectativas convencionais, não deveria ocorrer.

Tabela 5.3. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (11/08/2022)

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T3	T3	1	6,5
F02_T3	T3	0,5	6
F03_T3	T3	1	4,5
F04_T3	T3	0,5	4
F05_T3	T3	0,5	6,5
F06_T3	T3	1	5
F07_T3	T3	0,5	13
F08_T3	T3	1	5
F09_T3	T3	1	6
F10_T3	T3	0,5	5
F11_T3	T3	1	8,5
F12_T3	T3	0,5	7

5.3.1.NDVI

Nas amostras recolhidas no dia T3, observou-se que os valores do NDVI exibiram um padrão de comportamento consistente com as amostras anteriores. Isso indica que, apesar das variações nas condições de rega, as tendências relacionadas ao NDVI permanecem consistentes e previsíveis. Essa consistência nos valores do NDVI entre diferentes períodos de coleta sugere uma estabilidade nas condições ou características das plantas que estão sendo monitoradas.



	Data	Rega	NDVI
F01_T3	T3	1	0,84
F02_T3	T3	0,5	0,91
F03_T3	T3	1	0,91
F04_T3	T3	0,5	0,92
F05_T3	T3	0,5	0,93
F06_T3	T3	1	0,91
F07_T3	T3	0,5	0,91
F08_T3	T3	1	0,89
F09_T3	T3	1	0,89
F10_T3	T3	0,5	0,92
F11_T3	T3	1	0,92
F12_T3	T3	0,5	0,93

Figura 5.19. NDVI obtido no dia T3 e valores de cada ponto

5.3.2. Refletância vs. Potencial

No dia T3, foi possível alcançar um coeficiente de determinação (R^2) satisfatório, com um valor de R^2 igual a 0,40. Nesse cenário, quatro variáveis foram identificadas como contribuintes, responsáveis por explicar 40 % da variabilidade observada.

Embora o valor de R^2 possa ser considerado moderado, a identificação das quatro variáveis principais e sua capacidade de explicar 40 % da variabilidade observada são indicativos de progresso na modelação dos dados coletados no dia T3. Esses resultados servirão como uma base sólida para futuras investigações e refinamentos do modelo, visando aprimorar ainda mais a precisão das previsões.

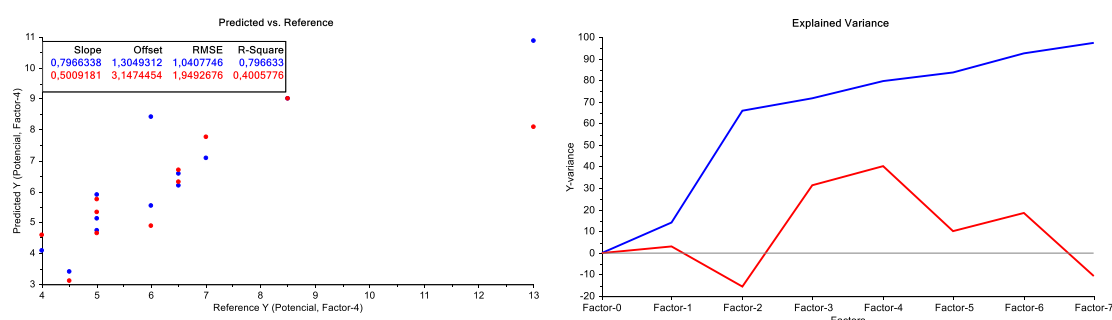


Figura 5.20. Teste PLS das amostras do dia T3.

5.3.3. VIS vs. Potencial

A imposição da restrição espectral não levou a um valor de R^2 viável no dia T3, com um coeficiente de determinação (R^2) de apenas 0,08. Neste cenário, três variáveis foram identificadas como contribuintes, responsáveis por explicar apenas 8 % da variabilidade observada.

A baixa capacidade do modelo com restrição espectral para explicar a variabilidade dos dados sugere que essa abordagem não é apropriada para os dados coletados no dia T3.

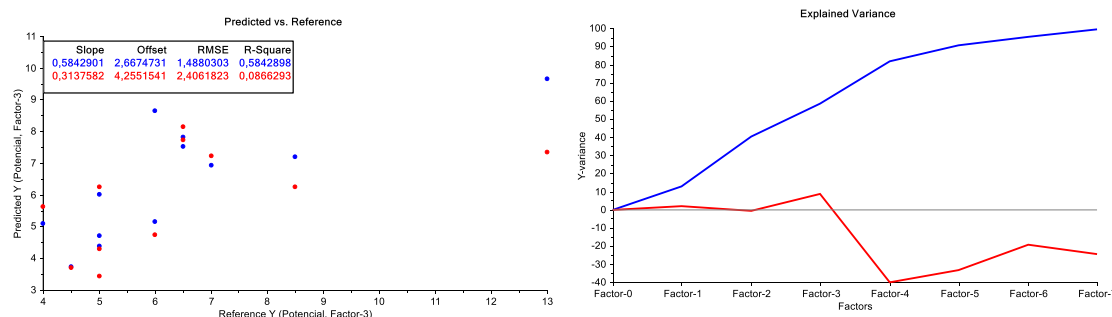


Figura 5.21. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).

5.3.1. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho próximo no dia T3 não permitiu obter um valor de R^2 e, consequentemente, não foi possível estabelecer uma correlação significativa entre os dados. Esse resultado indica que, nesse contexto específico, a faixa espectral do infravermelho próximo pode não ser a mais apropriada para a análise ou modelação dos dados coletados no dia T3.

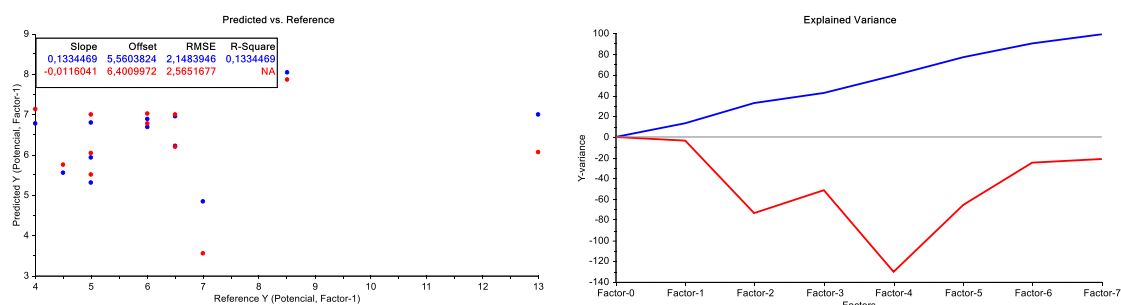


Figura 5.22. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).

5.3.2. SWIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho de onda curta no dia T3 também resultou em um valor de R^2 muito baixo, com um coeficiente de determinação (R^2) de apenas 0,4. Isso demonstra a falta de correlação significativa entre os dados nessa faixa espectral e os dados coletados no dia T3.

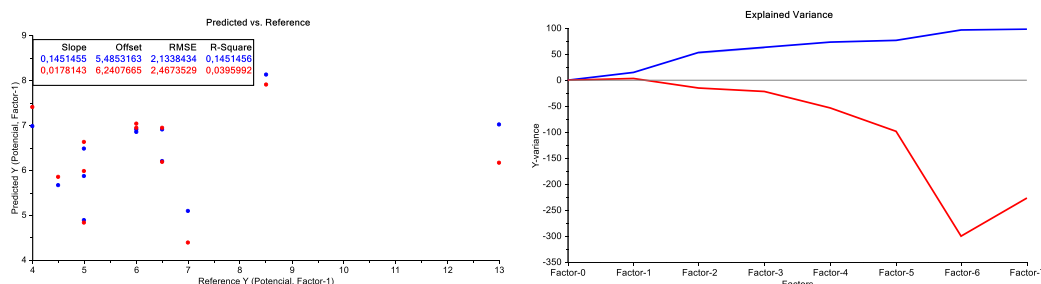


Figura 5.23. Teste PLS das amostras do dia T3 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

5.3.3. Validação dos Dados

A validação dos dados do dia T3 resultou em um modelo de previsão que não se mostrou confiável. O erro entre os valores previstos e os pontos de referência é elevado, e na maioria dos casos, os valores previstos estão consideravelmente distantes dos valores reais. Um exemplo disso é a amostra T02_T3, em que o valor do potencial real é seis, enquanto o modelo, com base nos dados de refletância, previu um valor de 2,3.

Essa falta de precisão nos resultados ressalta a complexidade da modelação e a influência de diversos fatores na interpretação dos dados. No entanto, é importante notar que, em alguns casos, como a amostra F08_T3, houve uma aproximação mais precisa entre os valores previstos (5,1) e os valores de referência (5,0).

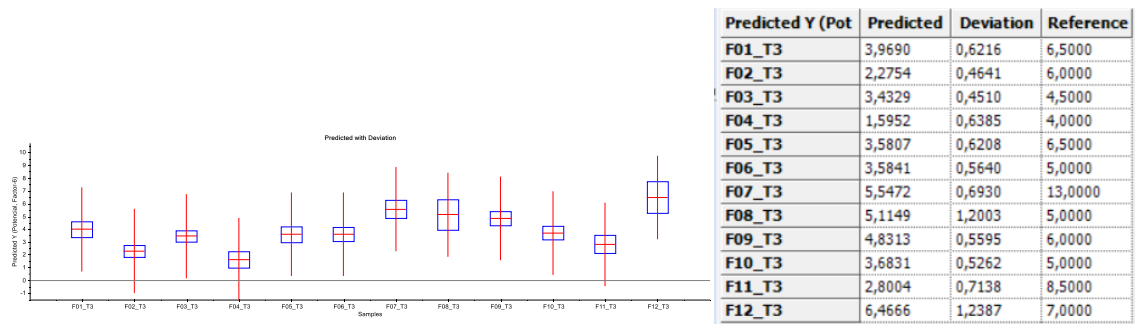


Figura 5.24. Previsão obtida pela regressão linear no T3.

5.4. Resultados dia T4

Na Figura 5.25, é evidente que as assinaturas espectrais exibem uma disparidade geralmente menor entre elas, com uma notável exceção no ponto F05_T4. Este ponto específico, representado por uma curva espectral distinta, destaca-se de forma significativa em relação aos demais pontos da análise.

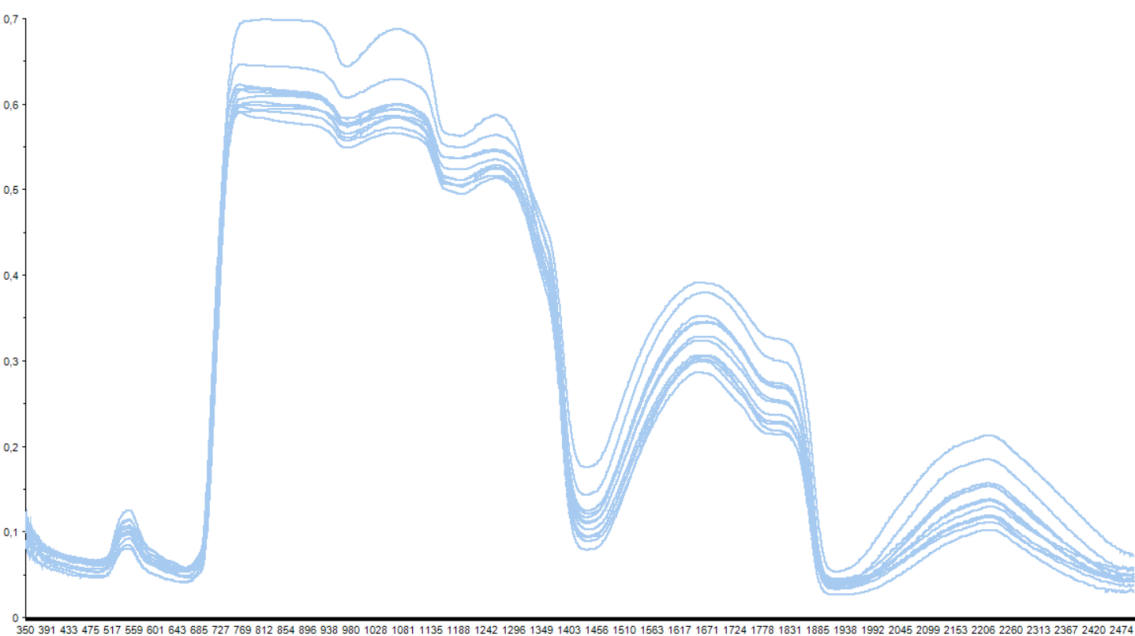


Figura 5.25. Assinaturas espectrais das amostras T4.

Na análise realizada no dia T4, destaca-se um resultado notável: cerca de 94 % da variabilidade dos dados foi explicada por apenas duas variáveis principais. Essa

descoberta ressalta a influência extremamente significativa dessas duas variáveis na explicação da variabilidade observada no dia T4.

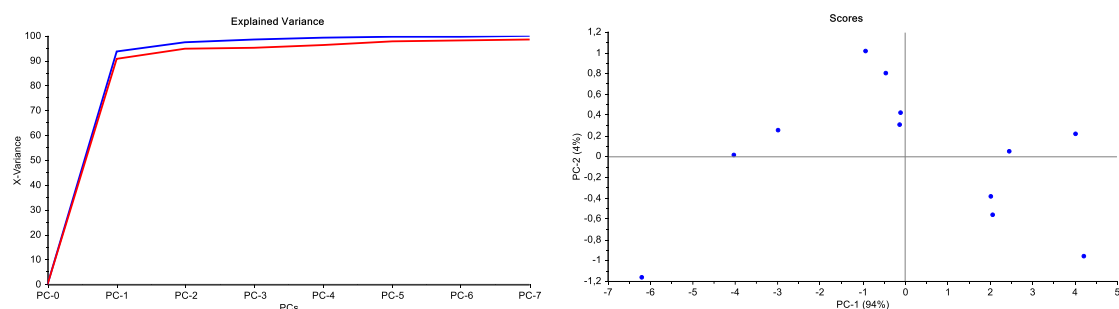


Figura 5.26. Análise componentes principais (PCA) T4.

Os resultados relacionados aos valores de potencial apresentaram um comportamento inesperado, considerando as condições de rega em que as amostras foram submetidas no dia T4. Contrariamente ao que seria esperado, em alguns pontos, o valor do potencial é maior nas amostras submetidas à rega deficitária em comparação com as amostras que receberam rega total. Por exemplo, o ponto F03_T4, que foi submetido à rega total, possui um potencial de 5, enquanto o ponto F04_T4, com rega deficitária, exibiu um potencial de 6,5. Essas discrepâncias entre os valores desafiam as expectativas convencionais e indicam a presença de fatores não considerados que estão influenciando as medições de potencial.

Tabela 5.4. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (25/08/2022).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T4	T4	1	8,5
F02_T4	T4	0,5	7,5
F03_T4	T4	1	5
F04_T4	T4	0,5	6,5
F05_T4	T4	0,5	7
F06_T4	T4	1	9
F07_T4	T4	0,5	7,5
F08_T4	T4	1	7
F09_T4	T4	1	6
F10_T4	T4	0,5	7,5
F11_T4	T4	1	6,5
F12_T4	T4	0,5	

5.4.1. NDVI

No contexto das amostras recolhidas no dia T4, observou-se que os valores do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) exibiram um comportamento semelhante entre todos os pontos de amostragem. No entanto, notou-se que o ponto

F01_T4 manteve o valor mais reduzido de todas as coletas, e essa redução pode ser atribuída a questões fisiológicas específicas da planta.

A consistência nos valores do NDVI entre os diferentes pontos sugere uma uniformidade nas condições ou características das plantas monitoradas durante o dia T4. Por outro lado, a redução no NDVI do ponto F01_T4, devido a fatores fisiológicos da planta, destaca a importância de considerar tais influências nas análises e interpretações dos dados.

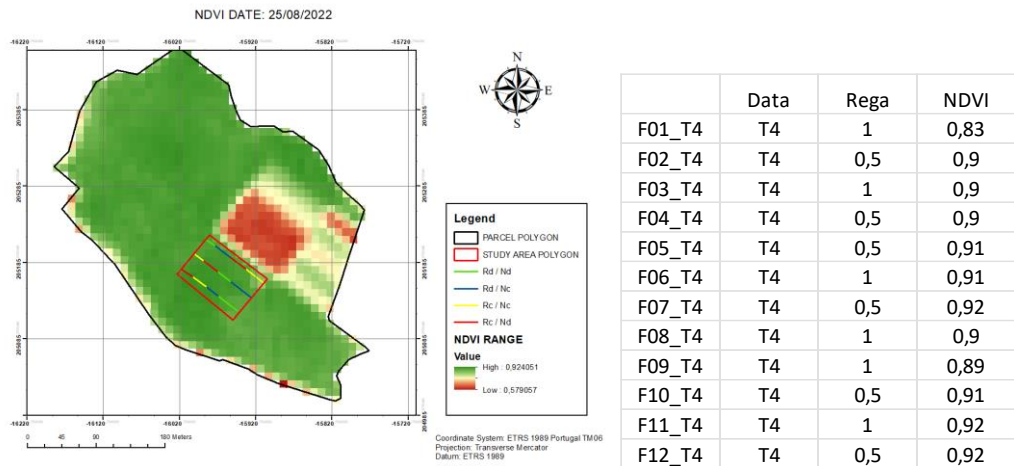


Figura 5.27. NDVI obtido no dia T4 e valores de cada ponto.

5.4.2. Refletância vs. Potencial

No dia T4, a análise não permitiu obter um valor de R^2 significativo, o que levou à impossibilidade de prever com precisão e confiança o potencial com base nos dados espectrais disponíveis. Essa falta de um R^2 significativo indica que o modelo de previsão não é capaz de explicar de maneira adequada as variações nos dados do dia T4.

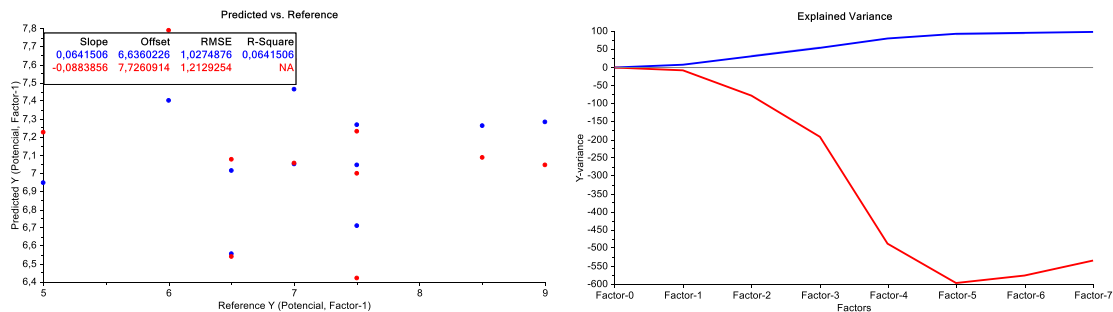


Figura 5.28. Teste PLS das amostras do dia T4.

5.4.3. VIS vs. Potencial

Mesmo com a imposição de restrições nas bandas espectrais, ainda não foi possível obter um valor de R^2 significativo. Isso resultou na incapacidade de prever com precisão e confiança o potencial com base nos dados espectrais disponíveis no dia T4. Essa falta de

um R^2 significativo indica que as restrições espectrais não foram eficazes em melhorar a precisão do modelo de previsão.

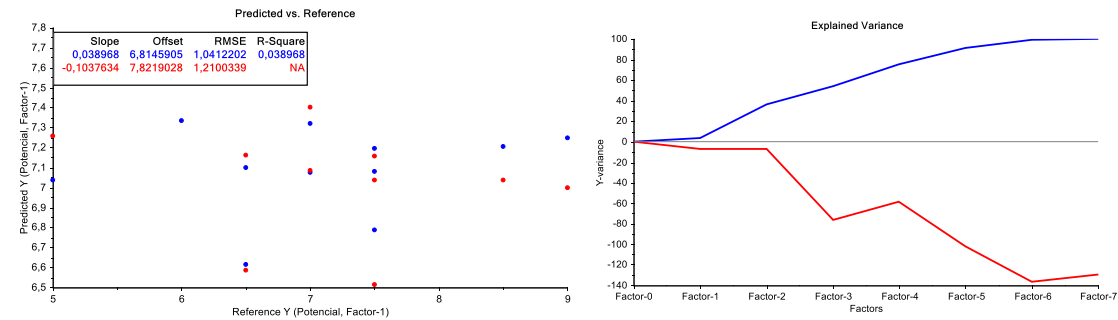


Figura 5.29. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).

5.4.1. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho próximo, no dia T4, não permitiu obter um valor de R^2 , e mais uma vez, não foi possível estabelecer uma correlação significativa entre os dados. Isso sugere que, neste contexto específico, a faixa do infravermelho próximo não é apropriada para a análise ou modelação dos dados coletados no dia T4.

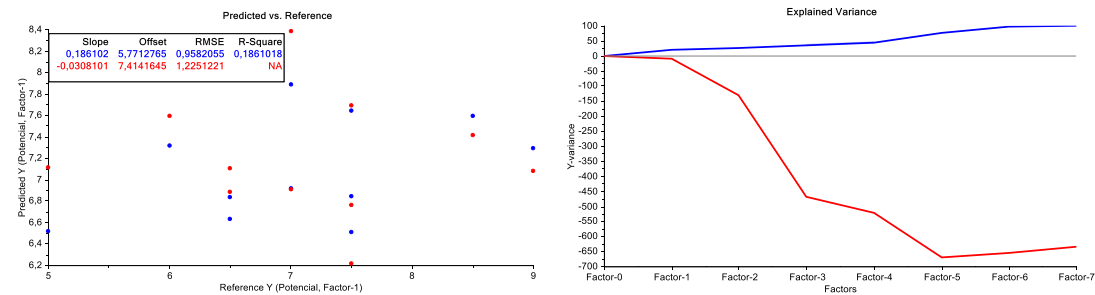


Figura 5.30. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).

5.4.2. SWIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho de onda curta, no dia T4, também não resultou na obtenção de um valor significativo de R^2 . Isso significa que, mais uma vez, não foi possível estabelecer uma correlação adequada entre os dados dessa faixa espectral e os dados do dia T4.

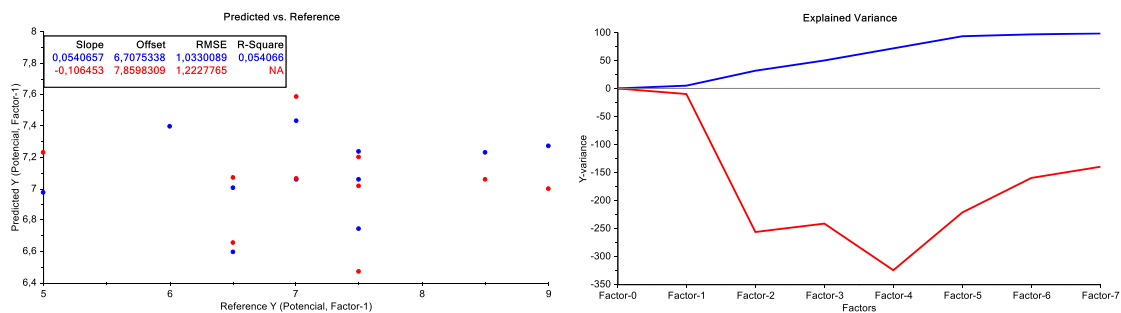


Figura 5.31. Teste PLS das amostras do dia T4 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

5.4.3. Validação dos Dados

A validação dos dados do dia T4, de maneira semelhante ao dia T3, levou à criação de um modelo de previsão que não se mostrou confiável. O erro entre os valores previstos e os pontos de referência é excessivamente disperso, o que torna inviável a utilização desse modelo na previsão do potencial.

O ponto F11_T4, onde o valor previsto (6,55) se aproximou do valor original (6,5), foi uma exceção, mas a dispersão dos desvios em relação aos demais pontos é notável. Isso sugere que o modelo de previsão precisa de melhorias significativas para oferecer resultados confiáveis e precisos.

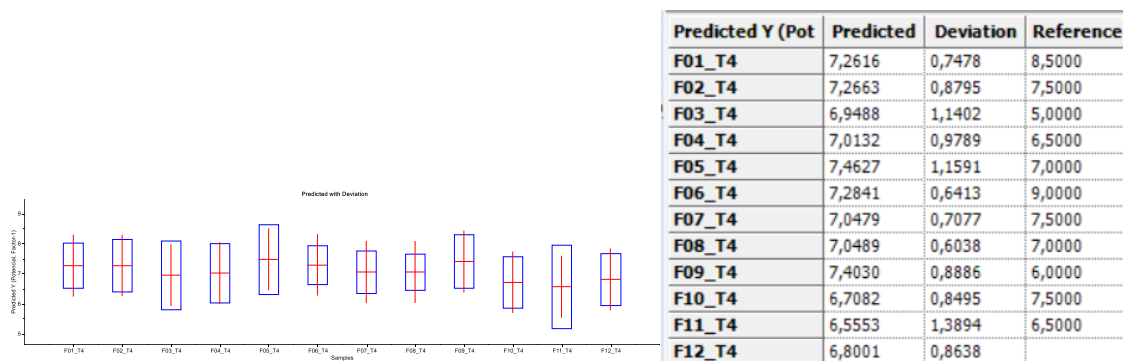


Figura 5.32. Previsão obtida pela regressão linear no T4.

5.5. Resultados dia T5

Na Figura 5.33, podemos observar que as assinaturas espectrais exibem uma menor disparidade entre elas. Isso indica uma maior uniformidade nas características espectrais das amostras em comparação com outras figuras ou cenários anteriores. A reduzida disparidade sugere uma maior semelhança ou consistência nas propriedades espectrais das amostras avaliadas.

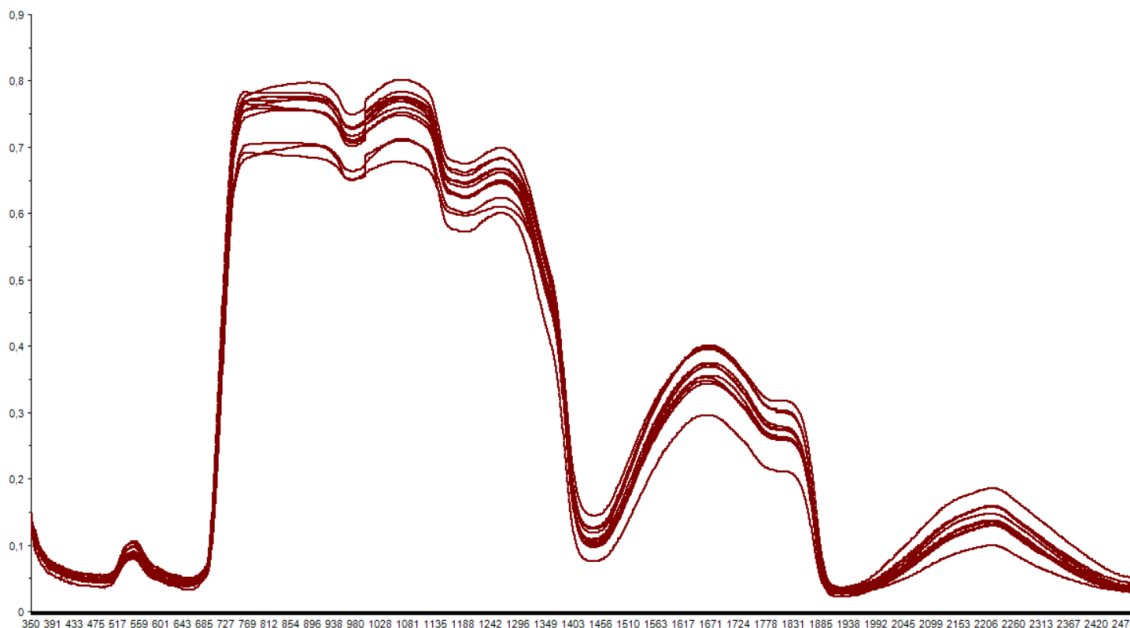


Figura 5.33. Assinaturas espectrais das amostras T5.

Na análise realizada no dia T5, destaca-se um resultado notável: aproximadamente 96 % da variabilidade dos dados foi explicada por seis variáveis principais. Essa descoberta ressalta a influência significativa dessas seis variáveis na explicação da variabilidade observada no dia T5.

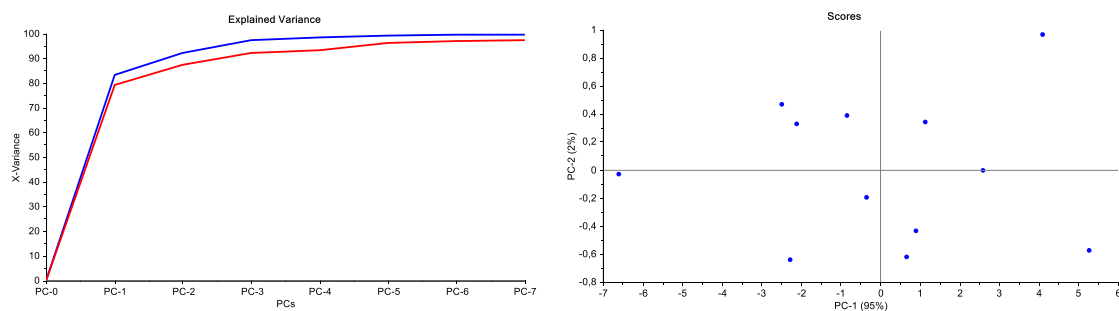


Figura 5.34. Análise componentes principais (PCA) T5.

Mais uma vez, os resultados relacionados aos valores de potencial apresentaram um comportamento inesperado, desafiando as expectativas convencionais. No dia T5, observou-se que o valor de potencial em alguns pontos é igual ou superior na rega deficitária em comparação com a rega total, o que não deveria ocorrer. Um exemplo notável dessa inversão nas tendências é o ponto F01_T5, que foi submetido à rega total, mas exibe um potencial igual ao ponto F02_T3, que foi submetido a uma rega deficitária. Essa discrepância nas medições de potencial, apesar das diferentes condições de rega, destaca a presença de fatores não considerados que estão influenciando as medições.

Tabela 5.5 Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (09/09/2022).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T5	T5	1	4
F02_T5	T5	0,5	4
F03_T5	T5	1	3
F04_T5	T5	0,5	2
F05_T5	T5	0,5	4,5
F06_T5	T5	1	2
F07_T5	T5	0,5	4,5
F08_T5	T5	1	4,5
F09_T5	T5	1	3
F10_T5	T5	0,5	2,5
F11_T5	T5	1	3
F12_T5	T5	0,5	2,5

5.5.1. NDVI

Nas amostras recolhidas no dia T5, observou-se que os valores do NDVI mantiveram um comportamento semelhante aos dias anteriores de amostragem. Isso sugere que, apesar das variações nas condições de rega e outros fatores, as tendências relacionadas ao NDVI permaneceram consistentes e previsíveis ao longo do período de coleta.

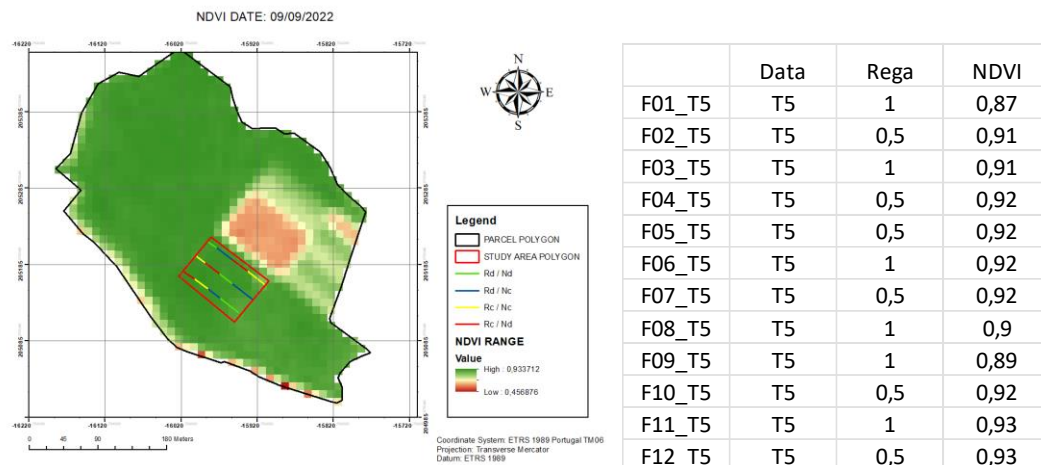


Figura 5.35. NDVI obtido no dia T5 e valores de cada ponto.

5.5.2. Refletância vs. Potencial

Graças à melhor qualidade dos dados coletados no dia T5, foi possível obter um coeficiente de determinação (R^2) muito satisfatório, com um valor de R^2 igual a 0,65. Nesse cenário, sete variáveis foram identificadas como contribuintes, responsáveis por explicar 65 % da variabilidade observada nos dados.

Esses resultados indicam um significativo avanço na modelação dos dados do dia T5 e fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de um modelo de previsão mais preciso. A capacidade dessas sete variáveis em explicar uma parcela substancial da

variância é promissora e poderá ser utilizada para aprimorar a precisão das previsões futuras.

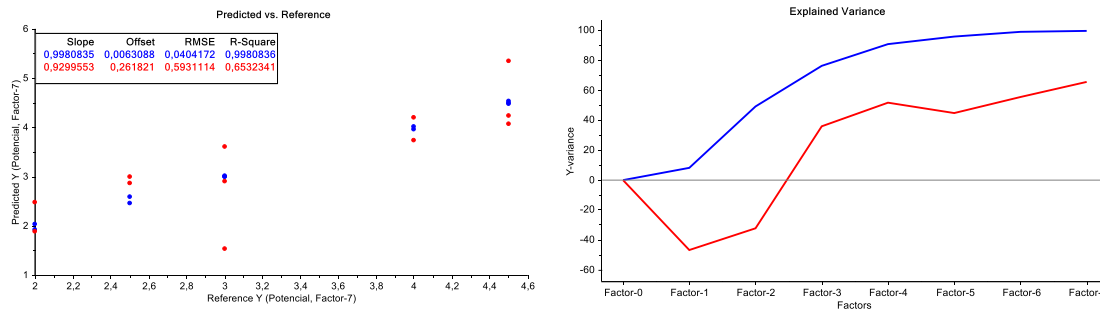


Figura 5.36. Teste PLS das amostras do dia T5.

5.5.3. VIS vs. Potencial

A análise da faixa do espectro visível permitiu alcançar um valor de R^2 igual a 0,44, o que indica uma capacidade do modelo em explicar parte das variações nos dados. Nesse contexto, cinco fatores foram identificados como contribuintes, sendo responsáveis por explicar 44 % da variabilidade observada.

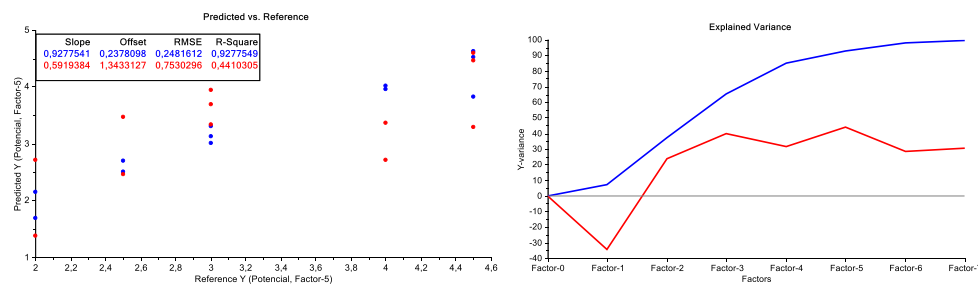


Figura 5.37. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 mm).

5.5.4. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho no dia T5 produziu um coeficiente de determinação (R^2) de 0,24, o que indica uma capacidade de previsão reduzida do sistema em comparação com outros conjuntos de dados. No entanto, sete fatores foram identificados como contribuintes, sendo responsáveis por explicar 85 % da variabilidade observada.

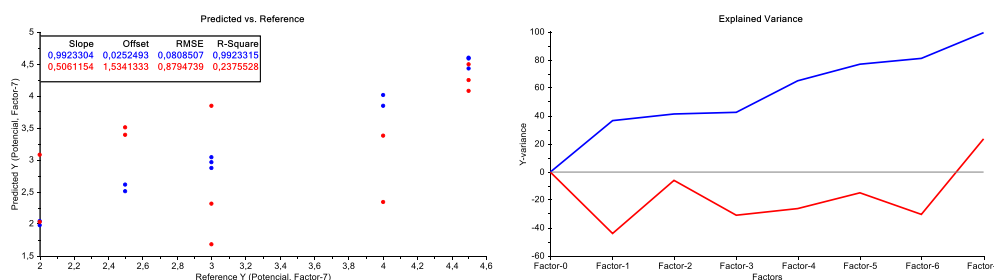


Figura 5.38. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).

5.5.5. SWIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho de onda curta no dia T5, mais uma vez, não permitiu a obtenção de um valor de R^2 significativo. Isso indica que a faixa do infravermelho de onda curta não foi capaz de estabelecer uma correlação adequada entre os dados desta faixa espectral e os dados do dia T5.

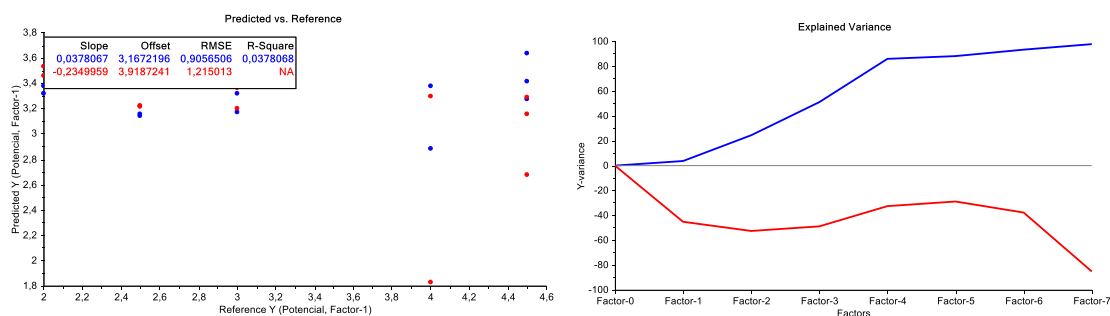


Figura 5.39. Teste PLS das amostras do dia T5 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

5.5.6. Validação dos Dados

A validação dos dados do dia T5 levou à criação de um modelo de previsão confiável e preciso. O erro entre os valores previstos e os pontos de referência é reduzido, e na maioria dos casos, os valores previstos estão próximos dos valores reais. Um exemplo disso é a amostra T01_T2, em que o valor do potencial é quatro, e o modelo, com base nos dados de refletância, previu um valor de 3,9.

Os resultados obtidos pela previsão no dia T5 são os melhores em termos de viabilidade e precisão, com valores propostos muito próximos aos valores reais. Isso sugere que esse modelo, com algumas afinações, tem o potencial de ser aplicado em campo de forma eficaz.

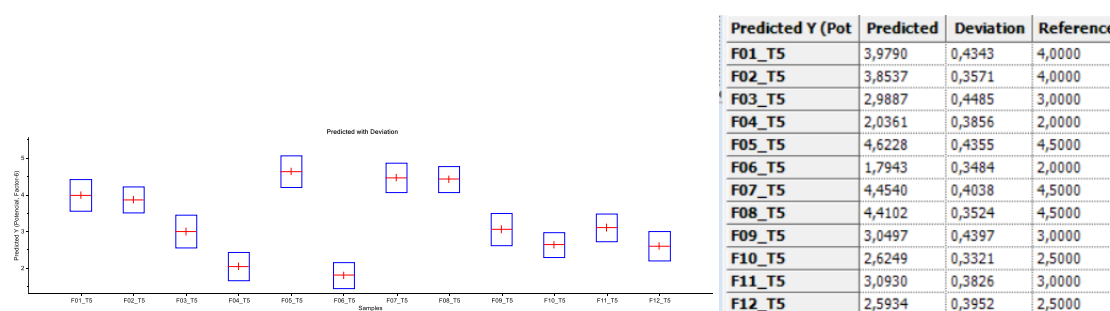


Figura 5.40. Previsão obtida pela regressão linear no T5.

5.6. Resultados dia T6

Na Figura 5.41, é evidente que as assinaturas espectrais apresentam uma reduzida disparidade entre elas, o que demonstra o comportamento típico das curvas espectrais das

folhas de *actinídea*. Essa uniformidade nas assinaturas espectrais indica a presença de características distintas das folhas de *actinídea* que se refletem nas medições espectrais, resultando em curvas espectrais semelhantes.

Essa observação é valiosa, uma vez que sugere que as assinaturas espectrais são consistentes e previsíveis para as folhas de *actinídea*. Essa uniformidade pode ser útil na identificação e estudo dessas plantas.

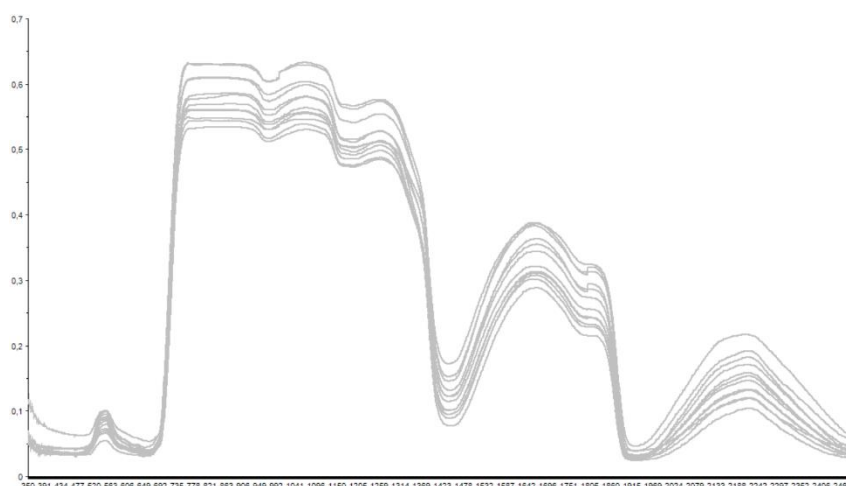


Figura 5.41. Assinaturas espectrais das amostras T6.

Na análise realizada no dia T6, destaca-se um resultado notável: aproximadamente 93 % da variabilidade dos dados foi explicada por apenas duas variáveis principais. Essa descoberta indica que um número muito reduzido de variáveis tem uma influência significativa na explicação da variabilidade observada no dia T6.

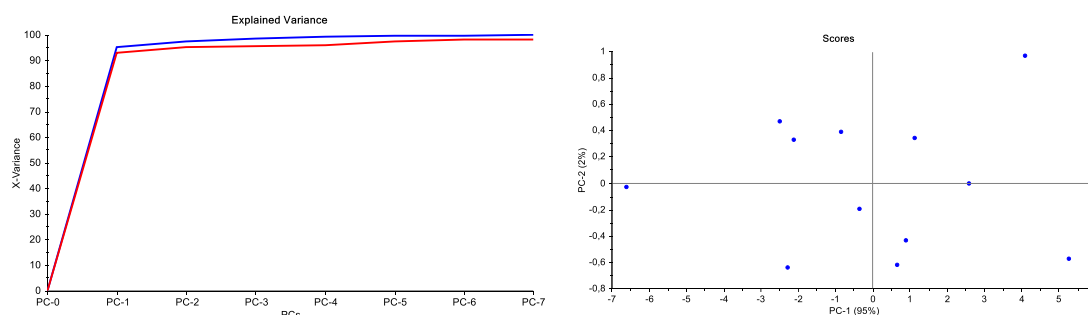


Figura 5.42. Análise componentes principais (PCA) T6.

Os valores dos potenciais continuaram a apresentar o mesmo comportamento observado nos dias anteriores, mantendo uma consistência ao longo do ciclo fenológico da cultura. Essa observação indica que as tendências relacionadas aos potenciais se mantiveram estáveis e previsíveis ao longo do período de monitoramento da cultura.

Tabela 5.6. Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (21/09/2022).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T6	T6	1	7
F02_T6	T6	0,5	5,5
F03_T6	T6	1	5,5
F04_T6	T6	0,5	5
F05_T6	T6	0,5	7
F06_T6	T6	1	5
F07_T6	T6	0,5	5,5
F08_T6	T6	1	6
F09_T6	T6	1	4,5
F10_T6	T6	0,5	5
F11_T6	T6	1	5,5
F12_T6	T6	0,5	5,5

5.6.1. NDVI

No contexto das amostras recolhidas no dia T5, foi observado que os valores do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) continuaram a apresentar um comportamento semelhante aos dias anteriores de amostragem. Isso sugere que, apesar das variações nas condições e fatores ambientais, as tendências relacionadas ao NDVI permaneceram consistentes e previsíveis ao longo do período de coleta.

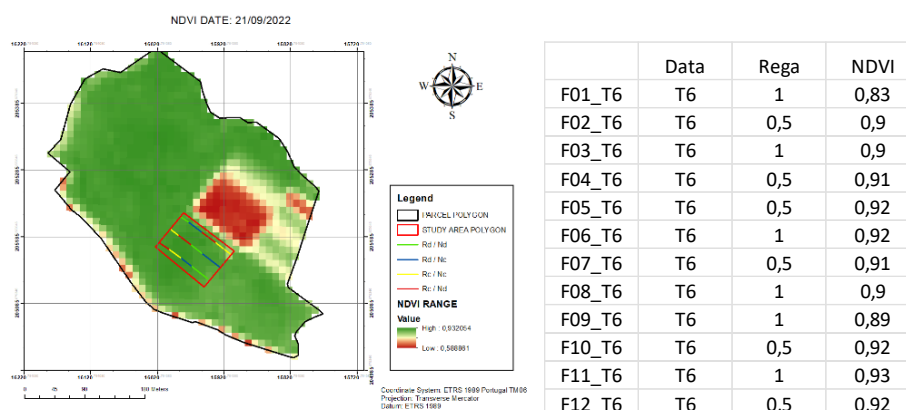


Figura 5.43. NDVI obtido no dia T6 e valores de cada ponto.

5.6.2. Refletância vs. Potencial

No dia T4, a análise não permitiu obter um valor significativo de R^2 , o que levou à impossibilidade de prever com precisão e confiança o potencial com base nos dados espectrais disponíveis. Essa falta de um R^2 significativo indica que o modelo de previsão não é capaz de explicar adequadamente as variações nos dados do dia T4.

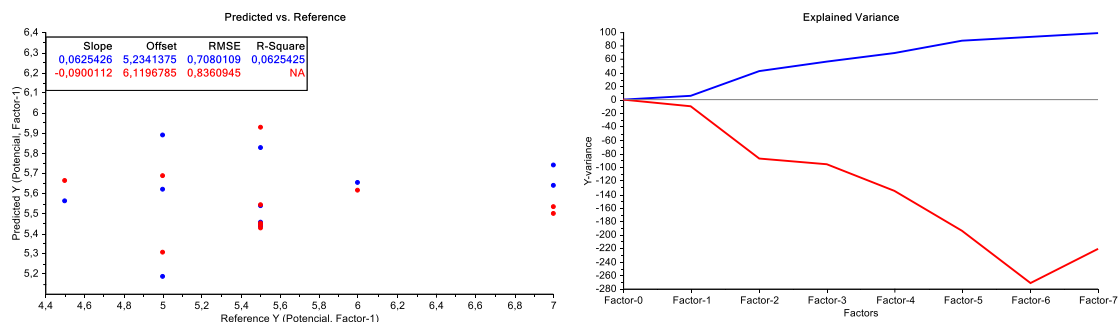


Figura 5.44. Teste PLS das amostras do dia T6.

5.6.3. VIS vs. Potencial

Mesmo com a imposição de restrições nas bandas espectrais, não foi possível obter um valor significativo de R^2 . Isso resultou na impossibilidade de prever com precisão e confiança o potencial com base nos dados espectrais no dia T6. Essa falta de um R^2 significativo indica que as restrições espectrais não foram eficazes em melhorar a precisão do modelo de previsão.

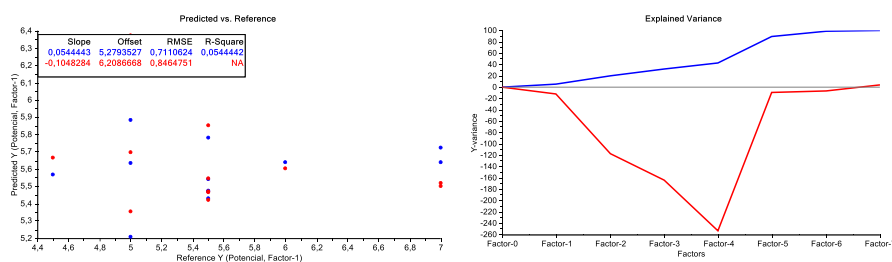


Figura 5.45. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).

5.6.1. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho próximo, no dia T6, mais uma vez não permitiu obter um valor de R^2 significativo, o que indica que não foi possível estabelecer uma correlação adequada entre os dados dessa faixa espectral e os dados do dia T6.

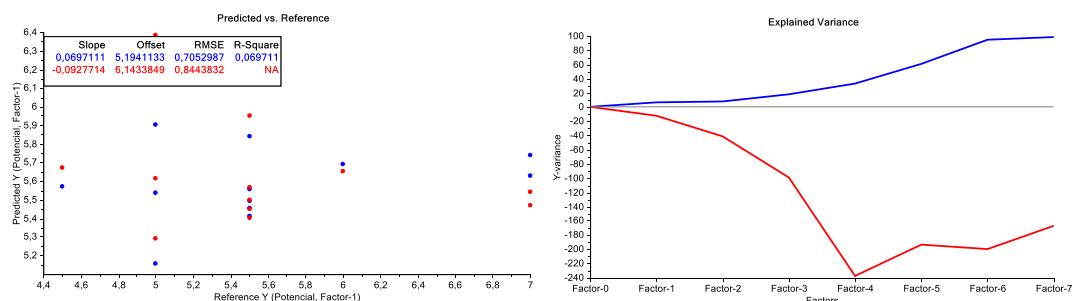


Figura 5.46. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 nm).

5.6.2. SWIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho de onda curta, no dia T6, não resultou na obtenção de um valor significativo de R^2 , logo essa faixa espectral não foi capaz de estabelecer uma correlação adequada entre os dados dessa faixa e os dados do dia T6.

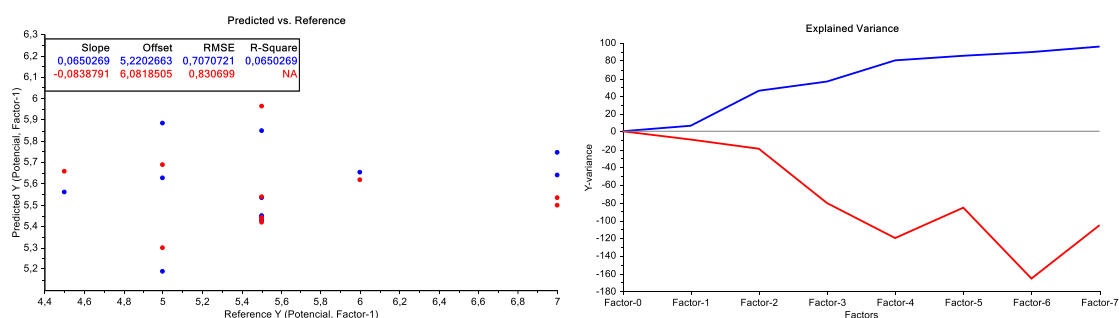


Figura 5.47. Teste PLS das amostras do dia T6 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 nm).

5.6.3. Validação dos Dados

A validação dos dados do dia T6 levou à criação de um modelo de previsão que não se mostrou confiável. O erro entre os valores previstos e os pontos de referência é excessivamente disperso, o que torna o modelo inviável na previsão do potencial em grande parte dos pontos.

Embora tenha havido casos isolados, como F02_T6 e F11_T6, nos quais as previsões se aproximaram dos valores de referência, a maioria dos pontos apresentou desvios substanciais, tornando o modelo não confiável.

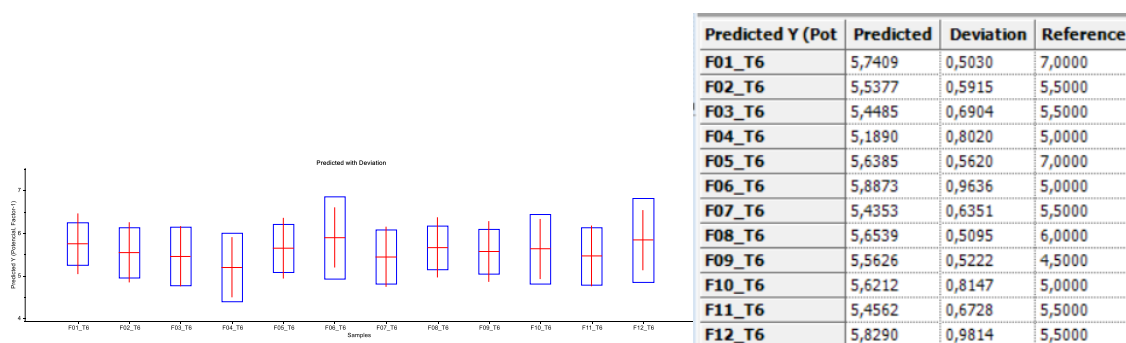


Figura 5.48. Previsão obtida pela regressão linear no T6.

5.7. Resultados dia T7

Na Figura 5.49, é evidente a presença de uma reduzida disparidade nas assinaturas espectrais, o que reflete o comportamento típico das curvas espectrais das folhas de *actinídea*. Este comportamento está em conformidade com as expectativas desejadas ao avaliar os dados. Vale ressaltar que o dia T7 de 2023 foi o único período de coleta de

dados neste ano, indicando uma ação deliberada para validar e aprimorar os dados anteriormente obtidos em 2022.

Essa consistência nas assinaturas espectrais é um achado importante, uma vez que sugere que as características espectrais das folhas de *actinídea* permaneceram estáveis ao longo do tempo. A coleta adicional de dados em 2023 visa validar e melhorar as conclusões baseadas nos dados de 2022, contribuindo para uma compreensão mais robusta e precisa das características espectrais dessa cultura.

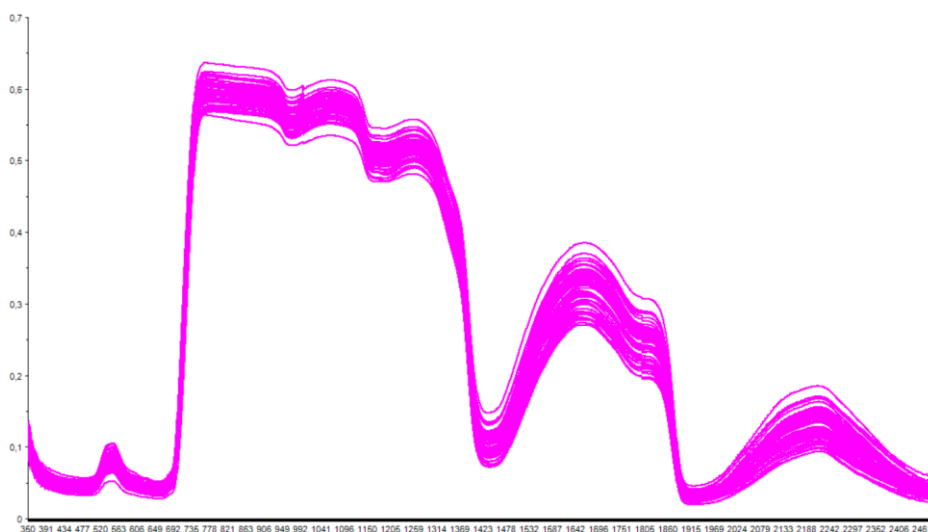


Figura 5.49. Assinaturas espectrais das amostras T7.

Na análise realizada no dia T7, destaca-se um resultado notável: aproximadamente 96 % da variabilidade dos dados foi explicada por apenas duas variáveis principais. Essa descoberta indica que um número muito reduzido de variáveis tem uma influência significativa na explicação da variabilidade observada no dia T7.

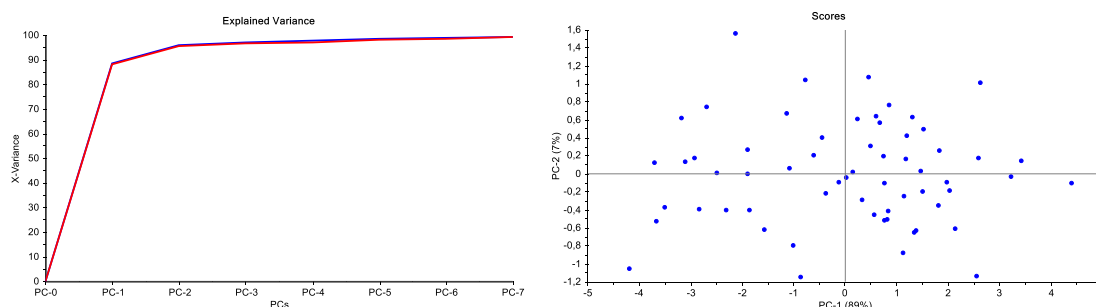


Figura 5.50. Análise componentes principais (PCA) T7.

Ao analisar a Tabela 5.7, que compara os valores do potencial hídrico com o tipo de estratégia de rega implementado em cada ponto de amostragem, é possível observar que

os valores apresentam o comportamento esperado. Quando a rega foi total, os valores do potencial, em geral, são mais reduzidos devido ao conforto hídrico das plantas, e onde a rega foi cortada, o valor do potencial é elevado. No entanto, ao examinar os dados, fica evidente que alguns pontos continuam a apresentar valores fora do esperado, como é o caso do ponto F06_T7 (rega deficitária), onde o potencial medido é igual ao do ponto F49_T7 (rega total). Essa realidade persistente ao longo do ciclo da cultura pode ser facilmente explicada devido ao lençol freático superficial na parcela e à incidência de doença (PSA) nas plantas, o que leva a esses valores inesperados.

Essa análise ressalta a influência de fatores adicionais, como a profundidade do lençol freático e a presença de doenças, na variabilidade dos valores do potencial hídrico. Isso demonstra a complexidade das interações em jogo e a necessidade de considerar uma variedade de variáveis para uma interpretação completa dos dados.

Tabela 5.7 Potencial hídrico de ramo para as diferentes estratégias de rega (19/07/2023).

Amostra	Data	Rega	Potencial (bar)
F01_T7	T7	0	15
F02_T7	T7	0	16
F03_T7	T7	0	10
F04_T7	T7	0	14
F05_T7	T7	0	12
F06_T7	T7	0	14
F07_T7	T7	0	10
F08_T7	T7	0	11
F09_T7	T7	0	11
F10_T7	T7	0	14
F11_T7	T7	0	9
F12_T7	T7	0	10
F13_T7	T7	0	11
F14_T7	T7	0	11
F15_T7	T7	0	10
F16_T7	T7	0	10,5
F17_T7	T7	0	9,5
F18_T7	T7	0	10
F19_T7	T7	0	10
F20_T7	T7	0	8,5
F21_T7	T7	0	8
F22_T7	T7	0	10,5
F23_T7	T7	0	9,5
F24_T7	T7	0	8
F25_T7	T7	0	10
F26_T7	T7	0	10,5
F27_T7	T7	0	15,5
F28_T7	T7	0	12
F29_T7	T7	0	12
F30_T7	T7	0	16
F31_T7	T7	0	16
F32_T7	T7	1	5
F33_T7	T7	1	5,5
F34_T7	T7	1	4,5

F35_T7	T7	1	6
F36_T7	T7	1	5,5
F37_T7	T7	1	7
F38_T7	T7	1	9
F39_T7	T7	1	5
F40_T7	T7	1	6
F41_T7	T7	1	5,5
F42_T7	T7	1	5,5
F43_T7	T7	1	7
F44_T7	T7	1	4,5
F45_T7	T7	1	7,5
F46_T7	T7	1	6
F47_T7	T7	1	5,5
F48_T7	T7	1	7,5
F49_T7	T7	1	8
F50_T7	T7	1	4,5
F51_T7	T7	1	5
F52_T7	T7	1	6
F53_T7	T7	1	5,5
F54_T7	T7	1	4
F55_T7	T7	1	6,5
F56_T7	T7	1	7
F57_T7	T7	1	6,5
F58_T7	T7	1	5,5
F59_T7	T7	1	7
F60_T7	T7	1	5
F61_T7	T7	1	6,5

5.7.1.NDVI

Apesar da amostra T7 ter sido recolhida em 2023, ela demonstra valores de NDVI semelhantes aos dias anteriores de amostragem em 2022. Esses valores de NDVI são típicos na cultura da *actinídea*, devido ao seu grande vigor e capacidade de cobrir a totalidade da parcela.

Essa consistência nos valores do NDVI ao longo dos anos reflete a natureza robusta e vigorosa da cultura da *actinídea*, que é capaz de manter um padrão semelhante de crescimento e cobertura vegetal.

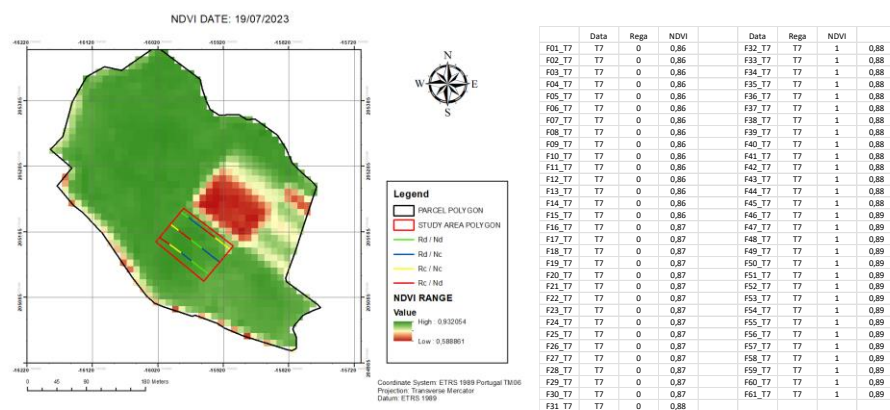


Figura 5.51. NDVI obtido no dia T7 e valores de cada ponto.

5.7.2. Refletância vs. Potencial

Apesar da melhoria na qualidade dos dados T7, especialmente em relação aos potenciais e suas estratégias, o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi ligeiramente satisfatório ($R^2=0,33$), no qual cinco variáveis representam 33 % da variância. Esses resultados permitem a criação de um modelo, no entanto, é importante notar que sua capacidade de previsão e viabilidade não será tão alta como a obtida em T2 e T5.

Essa observação destaca que, embora os dados T7 tenham sido aprimorados em termos de qualidade, a relação entre os dados espectrais e o potencial hídrico ainda apresenta desafios de previsão significativos em comparação com os resultados obtidos em T2 e

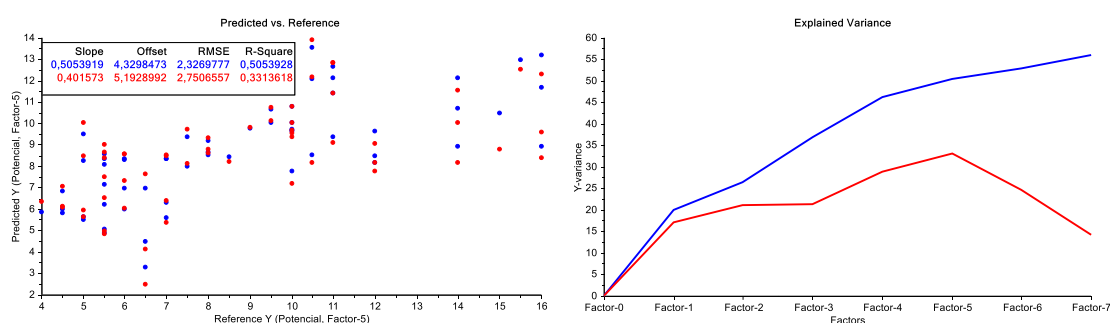


Figura 5.52. Teste PLS das amostras do dia T7.

5.7.3. VIS vs. Potencial

A análise da faixa do espectro visível permitiu alcançar um valor de R^2 igual a 0,29, ligeiramente mais baixo em comparação com a análise de toda a banda espectral. Nesse caso, quatro fatores foram identificados como contribuintes, responsáveis por explicar 29 % da variabilidade observada.

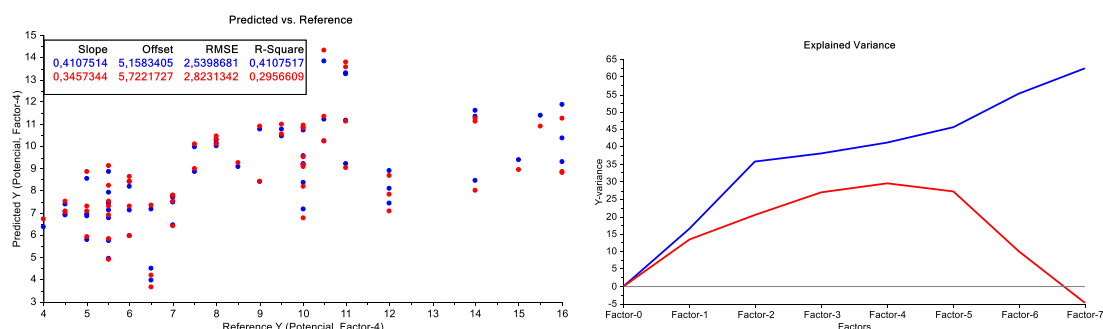


Figura 5.53. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).

5.7.1. NIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho produziu um valor de R^2 igual a 0,20, indicando uma capacidade limitada do modelo em explicar as variações nos dados do

potencial hídrico. Nesse caso, três fatores foram identificados como contribuintes, responsáveis por explicar apenas 20 % da variabilidade observada.

Essa observação destaca que a faixa espectral do infravermelho não contribuiu significativamente para a capacidade de previsão do sistema em relação ao potencial hídrico.

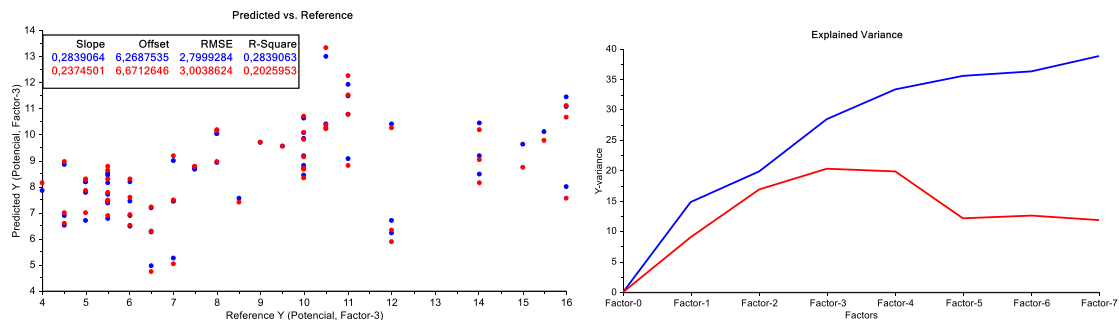


Figura 5.54. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda NIR (701-1000 mm).

5.7.2. SWIR Vs Potencial

A análise da faixa espectral do infravermelho de onda curta resultou em um valor de R^2 igual a 0,20, semelhante às restantes restrições da banda espectral testadas. Nesse caso, dois fatores foram identificados como contribuintes, responsáveis por explicar 21 % da variabilidade observada.

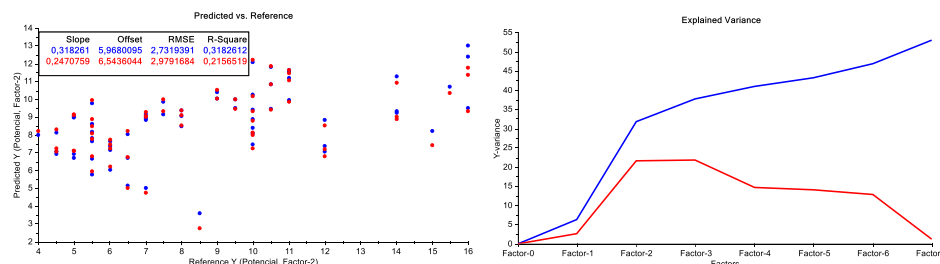


Figura 5.55. Teste PLS das amostras do dia T7 para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

5.7.3. Validação dos Dados

A validação dos dados T7 resultou em um modelo de previsão de baixa confiabilidade e precisão. Observou-se que o erro entre os valores previstos e os pontos de referência é significativamente elevado, com a maioria dos valores apresentando uma considerável disparidade. É importante ressaltar que a maioria das previsões exibiu erros substanciais ao serem comparadas aos dados de referência. Embora em alguns casos tenha sido possível observar uma semelhança entre a previsão e os valores de referência, essa situação constitui uma exceção, sendo que na maioria dos casos essa concordância não foi evidenciada.

Esses resultados indicam que, apesar da qualidade aprimorada dos dados T7, o modelo de previsão ainda não é eficaz na previsão do potencial hídrico. A alta variabilidade observada nos resultados sugere a presença de fatores complexos que influenciam o potencial hídrico, tornando o modelo ineficaz.

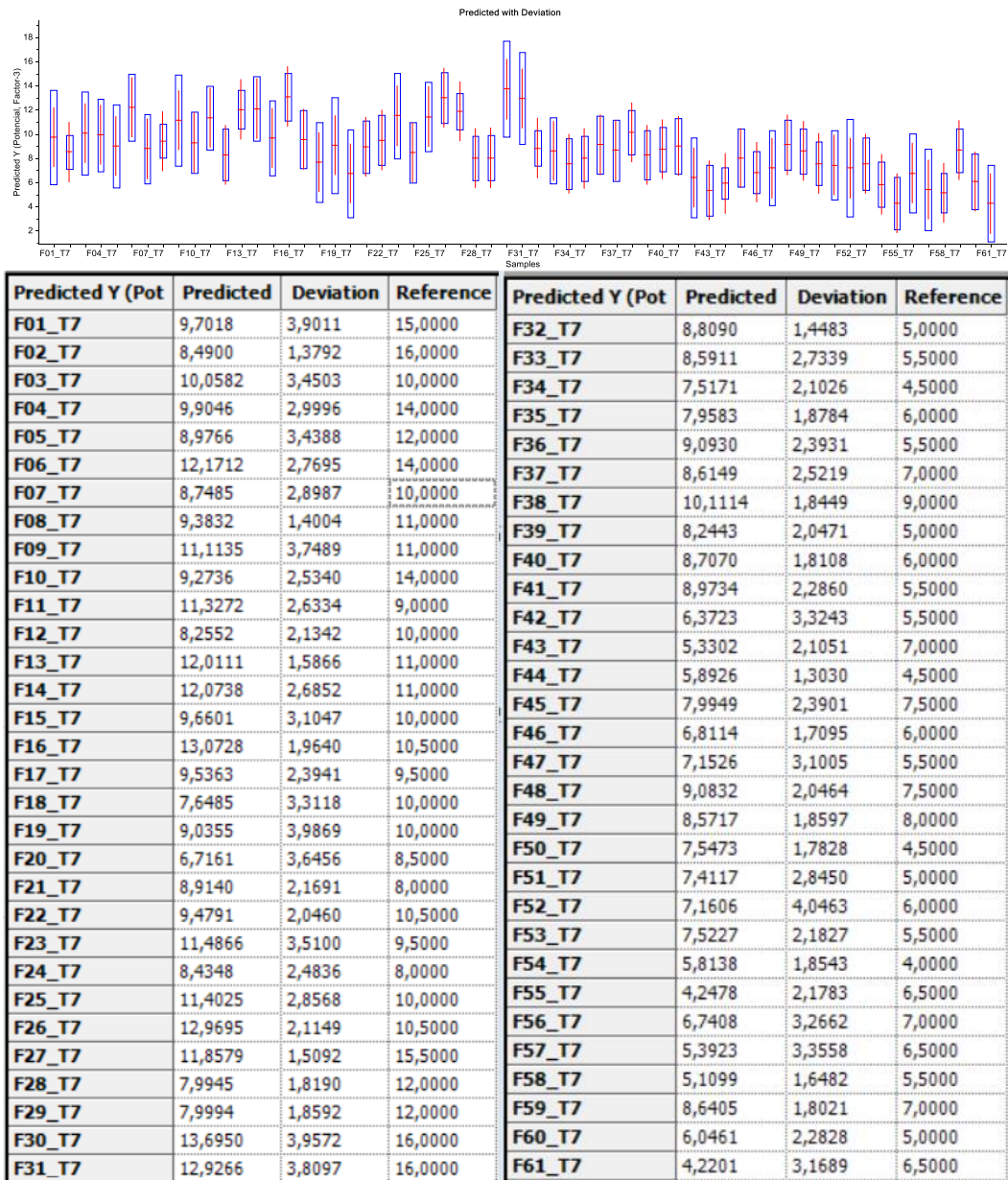


Figura 5.56. Previsão obtida pela regressão linear no T7.

5.8. Análise Geral dos Dados

Ao analisar a Figura 5.57, que representa a variação do teor de humidade no solo ao longo do ciclo da cultura, pode-se afirmar que, independentemente das diferentes estratégias de rega aplicadas, a humidade do solo mantém-se constante. Esse fenómeno é atribuído à presença de um lençol freático superficial na parcela, que garante um fornecimento constante de água às plantas. Essa condição evita que as plantas entrem em estresse hídrico, resultando em menos discrepâncias nas leituras do potencial hídrico.

Essa observação é importante, pois destaca o papel significativo do lençol freático na estabilidade do teor de humidade no solo. A presença de um lençol freático superficial fornece às plantas um suprimento constante de água, o que, por sua vez, ajuda a manter o potencial hídrico das plantas em níveis mais constantes, independentemente das estratégias de rega adotadas. Isso pode explicar em parte por que a humidade do solo se mantém relativamente constante ao longo do ciclo da cultura, contribuindo para a redução das discrepâncias nas leituras do potencial hídrico.

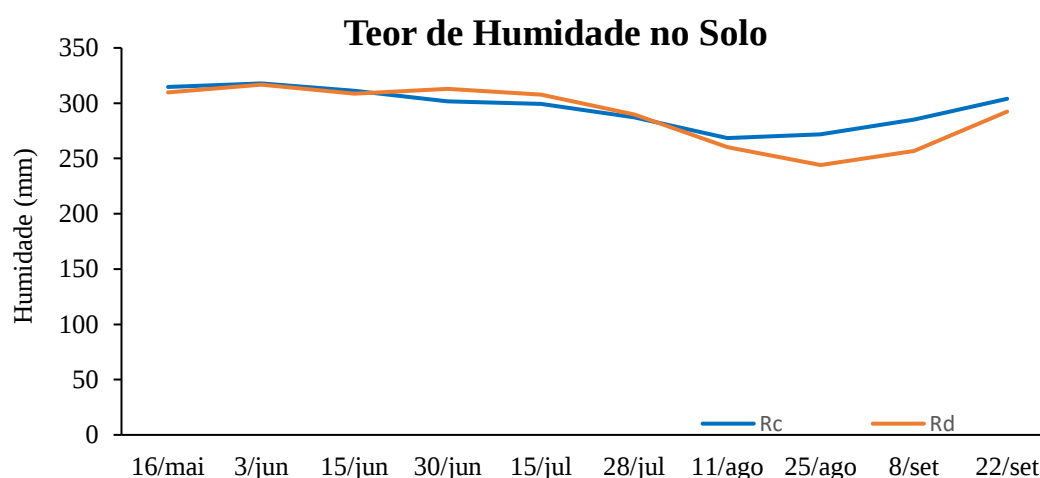


Figura 5.57. Teor de humidade consoante estratégias de rega ao longo do ciclo da *actinídea*.

A Figura 5.58 apresenta as curvas correspondentes a todas as assinaturas espectrais recolhidas, revelando uma distinção clara entre as assinaturas dos dias T3 (identificadas pela cor vermelha) e T5 (identificadas pela cor verde). Essa discrepância pode ser atribuída a variações na calibração do espectrorradiômetro ou a condições específicas do pomar durante esses dois dias. No entanto, em termos gerais, é evidente que a maioria das curvas de cada dia se encontra dentro de uma faixa semelhante de valores.

Para garantir a integridade dos dados, foi implementada uma abordagem para eliminar eventuais leituras discrepantes ou anomalias. Dessa forma, quaisquer leituras que

apresentassem valores consideravelmente fora do padrão esperado foram descartadas. Essa estratégia de filtragem é fundamental para manter a qualidade dos dados e evitar que leituras atípicas possam distorcer ou comprometer as análises subsequentes.

O reconhecimento das variações nas assinaturas espectrais entre diferentes dias e a aplicação de medidas para eliminar valores discrepantes contribuem para uma interpretação mais precisa e confiável dos dados coletados. Isso reforça a importância de adotar rigorosos procedimentos de controle de qualidade ao realizar análises espectrais, especialmente em estudos que dependem de uma correlação precisa entre as assinaturas espectrais e os parâmetros fisiológicos ou ambientais em estudo. Essas práticas são essenciais para garantir a validade e a robustez das conclusões obtidas a partir dos dados espectrais.

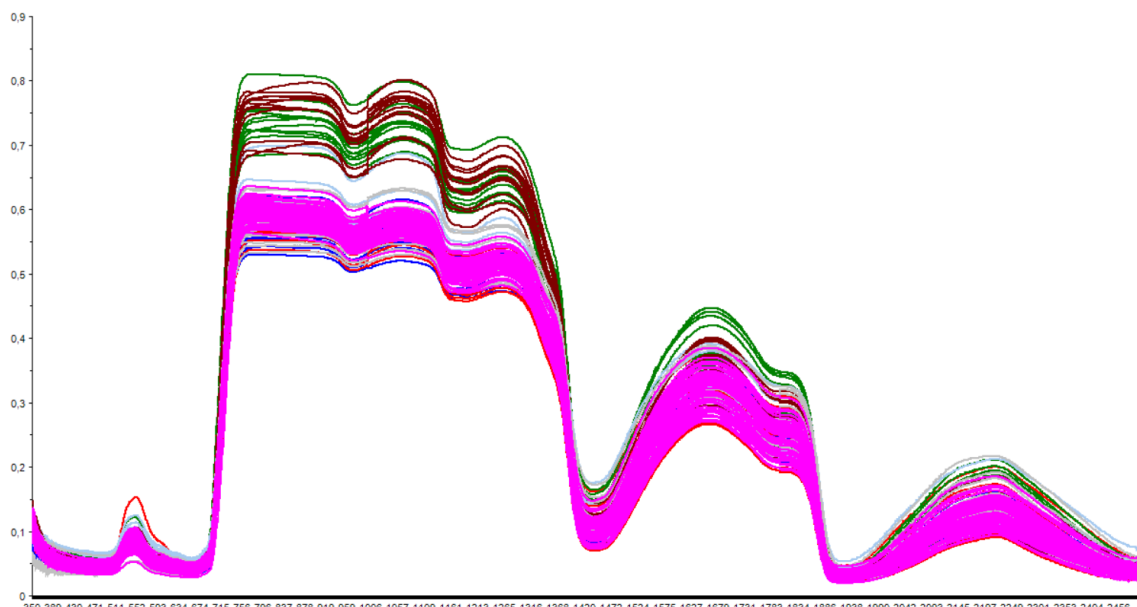


Figura 5.58. Assinaturas espectrais de todas as amostras.

Ao realizar a PCA no conjunto abrangente de dados coletados, foi possível deduzir que aproximadamente 92 % da variabilidade presente nos dados pode ser representada por apenas duas variáveis principais. Esse achado reflete a capacidade dessas duas variáveis em capturar as principais variações e padrões nos dados espectrais, reduzindo consideravelmente a complexidade dimensional enquanto retém informações relevantes.

A habilidade de explicar uma parcela tão significativa da variabilidade total com apenas duas variáveis principais é valiosa, pois permite uma simplificação considerável dos dados, facilitando a interpretação e a análise. No entanto, é importante ter em mente que, embora essas duas variáveis principais expliquem grande parte da variância, outras

variáveis podem conter informações adicionais que também podem ser relevantes para a compreensão completa das relações entre as características espectrais e os fatores em estudo.

Essa redução dimensional proporcionada pela análise de componentes principais auxilia na identificação de padrões e relações ocultas nos dados espectrais, permitindo um entendimento mais conciso e informativo das complexidades presentes nas assinaturas espectrais das amostras. Esse processo é fundamental para simplificar a interpretação e a análise dos dados, tornando mais eficiente a identificação de tendências e relações importantes.

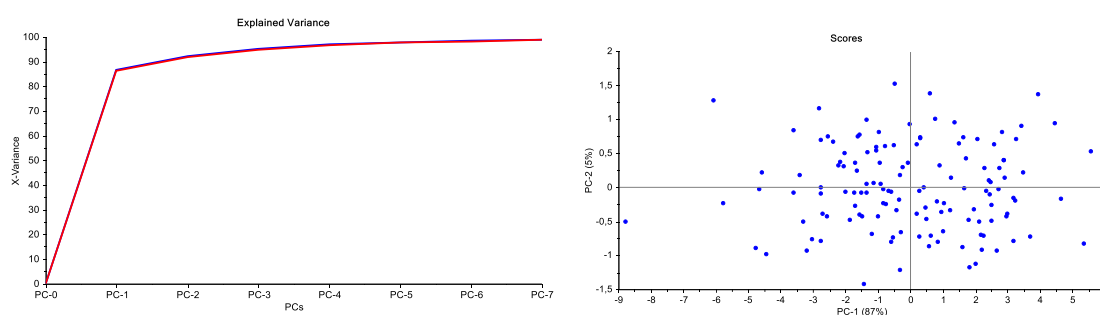


Figura 5.59. Análise componentes principais (PCA) de todos os dados.

Ao analisar as amostras recolhidas nos dias T1 a T6, torna-se evidente que, apesar da existência de duas estratégias de rega distintas na área de estudo, os valores do potencial hídrico são notavelmente semelhantes. Esta semelhança deve-se à presença de um lençol freático muito superficial, o que significa que apenas metade da rega aplicada é suficiente para satisfazer as necessidades das plantas. Como resultado, a rega completa (100 %) não parece provocar diferenças significativas nas leituras do potencial hídrico.

Contudo, existe uma exceção notável nas amostras T7. Nesse caso específico, ao não serem identificadas diferenças substanciais nos valores do potencial hídrico, optou-se por conduzir um experimento onde metade das plantas teve a sua rega reduzida pela metade durante cinco dias consecutivos, enquanto a outra metade continuou a ser regada completamente. Essa abordagem permitiu criar uma diferenciação nos valores do potencial hídrico, representando plantas em situação de stress e plantas num estado mais confortável. Esses dados são fundamentais para desenvolver um modelo de previsão mais confiável. No entanto, mesmo com esses esforços para criar condições que refletissem a distinção entre plantas sob stress e plantas confortáveis, os resultados no pomar em estudo foram limitados devido à idade das plantas e à presença da PSA. Essas complexidades na interação entre fatores ambientais, fisiológicos e doenças indicam que, apesar das

tentativas de alcançar um modelo de previsão mais preciso, as particularidades do pomar podem impedir a obtenção dos resultados desejados. Isso sublinha a importância de considerar uma ampla gama de fatores ao interpretar as respostas espectrais e fisiológicas das plantas em ambientes reais e complexos.

Essas descobertas destacam a complexidade de estudar o potencial hídrico e a necessidade de levar em consideração uma série de fatores que podem influenciar as leituras espectrais e os resultados das análises. A interação entre a presença de um lençol freático superficial, as estratégias de rega e a presença da PSA adicionam desafios significativos à compreensão completa das relações entre as características espectrais e os fatores ambientais e fisiológicos. Portanto, é essencial abordar essas complexidades com cautela ao desenvolver modelos de previsão e interpretar os dados em contextos agrícolas complexos.

5.8.1. NDVI

Como podemos ver na Figura 5.60, os dados NDVI recolhidos seguem a mesma tendência dos valores de potencial hídrico. A variação entre os pontos de amostragem, estratégias de rega e nutrição não é significativa nas datas T1 a T7, mantendo-se praticamente constantes ao longo do período de amostragem. Apesar da diferença evidente nos valores de potencial hídrico em relação à estratégia de rega, essa diferença não é tão pronunciada nas leituras de NDVI. Essa observação indica que, embora as estratégias de rega possam ter um impacto mensurável nos valores do potencial hídrico das plantas, elas parecem ter um efeito menos significativo nas leituras de NDVI. Isso sugere que o NDVI pode ser menos sensível às variações na rega, pelo menos nas condições do seu estudo.

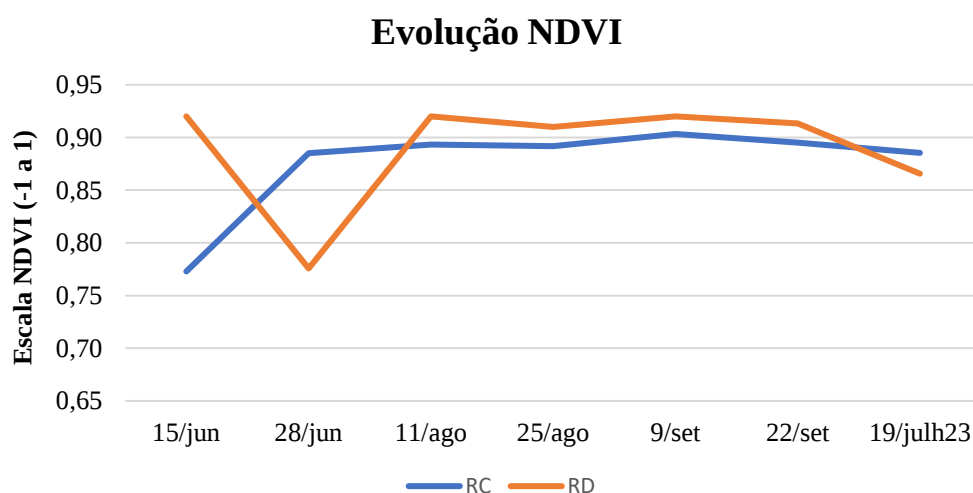


Figura 5.60. Evolução NDVI ao longo da recolha dos dados.

Essa discrepância entre os resultados de potencial hídrico e NDVI indica que, embora haja uma relação esperada entre o estado hídrico da planta e seu vigor, essa relação pode não ser linear ou direta em todas as situações. O NDVI é um indicador baseado na diferença entre o espectro da luz visível e do infravermelho próximo, frequentemente associado à quantidade e saúde da vegetação. No entanto, fatores adicionais, como a interação com a nutrição das plantas, a saúde geral e outras condições ambientais, podem influenciar a interpretação das leituras de NDVI.

Essa observação ressalta a complexidade de relacionar dados espectrais com parâmetros fisiológicos e a importância de compreender as nuances das interações em um contexto específico de estudo. A análise conjunta de múltiplas variáveis, como potencial hídrico, NDVI e outros fatores, é fundamental para obter uma compreensão mais abrangente dos processos vegetativos e das respostas às condições ambientais.

O NDVI é uma ferramenta valiosa para monitorar a saúde das plantas e a vegetação em geral, mas deve ser interpretado com cautela, levando em consideração a influência de múltiplos fatores. A análise integrada de várias variáveis pode ajudar a elucidar as relações complexas entre o estado hídrico, a saúde e o vigor das plantas, fornecendo insights mais precisos em contextos específicos de estudo.

5.8.2. Refletância vs. Potencial

Ao empreender a construção de um modelo de previsão do potencial hídrico utilizando todos os dados disponíveis, o coeficiente de determinação (R^2) obtido é de 0,36. Esse valor de R^2 indica que o modelo não possui um alto grau de precisão. Com apenas três variáveis, é possível explicar 36 % da variabilidade presente nos dados. Dado que o R^2 mede a proporção da variabilidade dos dados que o modelo consegue explicar, um valor de 0,36 sugere que o modelo tem limitações em capturar as complexas relações subjacentes aos dados de potencial hídrico.

A observação de um R^2 mais elevado para o dia T2 individual sugere que o modelo construído para esse dia em particular será mais preciso do que o modelo geral que engloba todos os dados. Isso implica que as variações específicas desse dia em relação ao potencial hídrico podem ser mais bem capturadas por um modelo individualizado. No entanto, é importante considerar que mesmo um modelo com um R^2 mais alto pode não

garantir uma precisão excecional, especialmente se os fatores que influenciam o potencial hídrico forem altamente complexos e variáveis.

Esse resultado enfatiza a importância de considerar a adequação e a aplicabilidade do modelo construído, levando em conta a variabilidade intrínseca dos dados e os fatores externos que podem influenciar os resultados. Além disso, é crucial avaliar as limitações do modelo e interpretar os resultados dentro de um contexto mais amplo, reconhecendo que a previsão precisa de parâmetros fisiológicos complexos como o potencial hídrico pode ser um desafio significativo.

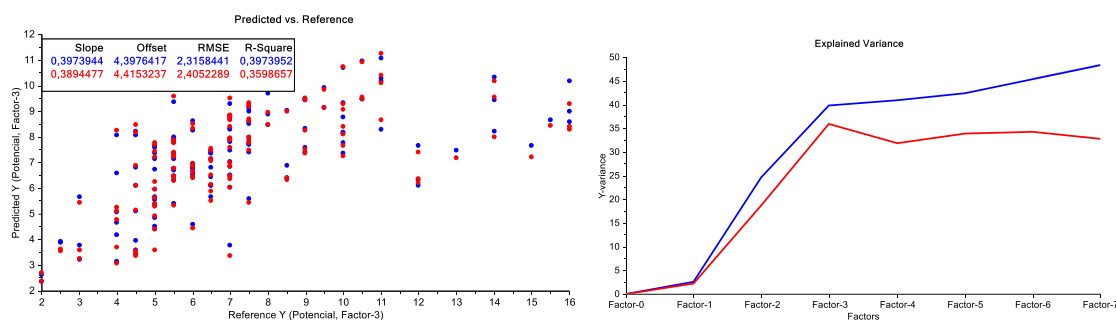


Figura 5.61. Teste PLS das amostras.

5.8.3. VIS vs. Potencial

A restrição espectral levou a um R^2 de 0,29, demonstrando uma redução na capacidade do modelo em explicar as variações nos dados em comparação com o modelo geral. Esses resultados indicam que, ao restringir a análise a comprimentos de onda visíveis específicos, a capacidade de previsão do modelo foi prejudicada. Apenas seis fatores puderam ser identificados como contribuintes, responsáveis por explicar 29 % da variabilidade observada. Essa constatação reforça a importância de considerar a amplitude do espectro e a inclusão de uma variedade de comprimentos de onda ao realizar análises espectrais. Em muitos casos, informações relevantes podem estar presentes em diferentes partes do espectro e a limitação a comprimentos de onda visíveis pode resultar na perda de dados importantes.

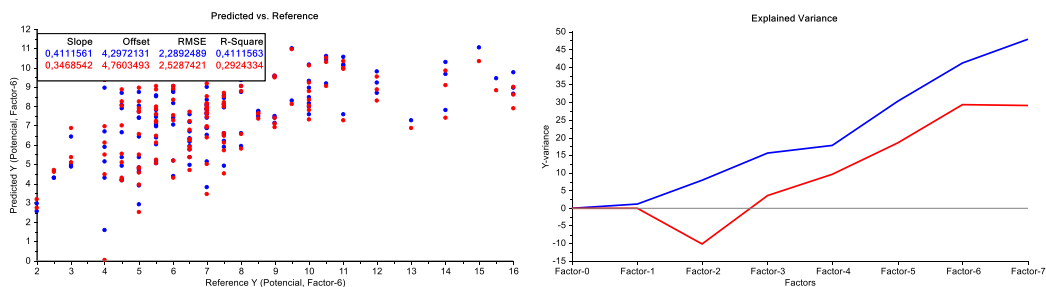


Figura 5.62. Teste PLS para os comprimentos de onda visíveis (350-700 nm).

5.8.1. NIR Vs Potencial

A faixa espectral do infravermelho próximo apresentou um R^2 mais elevado (0,33) em comparação com a restrição espectral, indicando uma melhoria na capacidade do modelo em explicar as variações nos dados. Cinco fatores foram identificados como contribuintes, responsáveis por explicar 33 % da variabilidade observada.

Esses resultados sugerem que a faixa do infravermelho próximo é mais adequada para estudar a quantidade de água nas folhas do que a restrição ao espectro visível. O infravermelho próximo é conhecido por conter informações valiosas sobre o conteúdo de água nas plantas, tornando-se uma escolha mais adequada para análises relacionadas à quantidade de água nas folhas. A capacidade de explicar 33 % da variabilidade observada indica que, embora tenha havido uma melhoria em relação à restrição espectral, ainda existem outros fatores não considerados que podem influenciar o parâmetro em estudo.

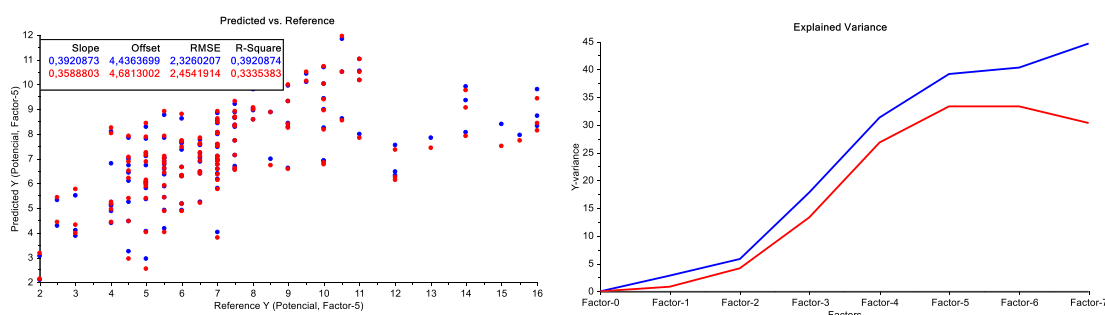


Figura 5.63. Teste PLS para os comprimentos de onda NIR (701-1000 nm).

5.8.2. SWIR Vs Potencial

A faixa espectral SWIR (infravermelho de onda curta) demonstrou a melhor correlação em relação aos valores do potencial hídrico, resultando em um coeficiente de determinação (R^2) ligeiramente superior, alcançando 0,34. Essa correlação mais forte na faixa do SWIR é notável, pois representa a melhor relação identificada entre as assinaturas espectrais e os valores do potencial hídrico em comparação com as outras análises feitas em todos os dados coletados.

Esses resultados indicam que a faixa do SWIR é a mais indicada para estudar a quantidade de água nas folhas e sua relação com o potencial hídrico. O SWIR é conhecido por ser sensível à presença de água nas plantas e, portanto, pode fornecer informações mais precisas sobre o estado hídrico das folhas. O R^2 de 0,34 sugere que a análise do SWIR é capaz de explicar uma proporção significativa da variabilidade observada nos valores do potencial hídrico, tornando-a uma escolha promissora para análises futuras.

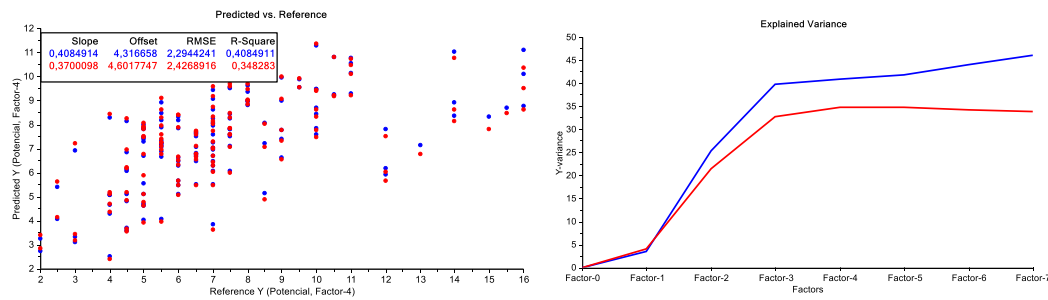


Figura 5.64. Teste PLS para os comprimentos de onda SWIR (1001-2500 mm).

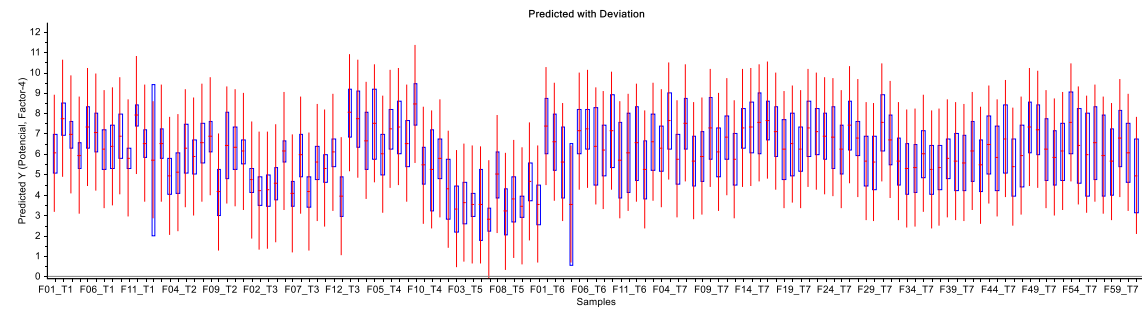
5.8.3. Validação dos Dados

Os resultados da validação dos dados das amostras T1 a T7 destacam claramente a limitação do modelo de previsão em capturar com precisão as complexas relações entre as assinaturas espectrais e os valores reais do potencial hídrico. A presença de erros significativos em muitas das previsões, como evidenciado no exemplo da amostra T25_T7, indica que o modelo não é confiável e não pode ser usado para prever com precisão o potencial hídrico a partir dos dados espectrais.

As discrepâncias entre os valores previstos e os valores reais do potencial hídrico em diferentes amostras enfatizam a necessidade de compreender as limitações do modelo e as situações em que ele pode falhar. O fato de que o modelo não é capaz de generalizar adequadamente para todas as amostras, como no caso do F02_T1, sugere que as relações entre as assinaturas espectrais e o potencial hídrico são altamente complexas e variáveis.

É importante reconhecer que os modelos de previsão são ferramentas valiosas, mas não são infalíveis. Eles dependem da qualidade e quantidade dos dados de treinamento, bem como da complexidade do fenômeno sendo estudado. No caso do potencial hídrico de plantas, essa complexidade pode resultar em dificuldades na construção de um modelo preciso com base em dados espectrais.

Portanto, esses resultados destacam a necessidade de continuar a melhorar os modelos, obter dados de alta qualidade e considerando fatores adicionais que podem afetar o potencial hídrico, como a presença de doenças ou outras condições específicas do pomar. Essa análise também enfatiza a importância de interpretar os resultados dos modelos com cautela, reconhecendo suas limitações e procurando sempre aprimorar a compreensão das relações entre as assinaturas espectrais e os parâmetros fisiológicos das plantas.



Predicted Y (Pot)	Predicted	Deviation	Reference	Predicted Y (Pot)	Predicted	Deviation	Reference	Predicted Y (Pot)	Predicted	Deviation	Reference	Predicted Y (Pot)	Predicted	Deviation	Reference
F01_T1	6,0225	0,9614	7,0000	F01_T4	6,0197	1,1950	6,5000	F01_T7	5,2177	1,4376	15,0000	F32_T7	5,6248	1,1655	5,0000
F02_T1	7,7381	0,7946	8,0000	F02_T4	7,7206	1,3915	7,5000	F02_T7	6,5973	1,3752	16,0000	F33_T7	5,2764	1,2417	5,5000
F03_T1	6,9536	0,6469	9,0000	F03_T4	6,6520	1,4130	5,0000	F03_T7	6,2647	1,0972	10,0000	F34_T7	5,3044	1,1675	4,5000
F04_T1	5,9201	0,6343	7,5000	F04_T4	7,4815	1,7130	6,5000	F04_T7	7,6163	1,3883	14,0000	F35_T7	6,0185	1,1569	6,0000
F05_T1	7,3169	1,0214	7,0000	F05_T4	5,9796	1,0142	7,0000	F05_T7	5,7439	1,2353	12,0000	F36_T7	5,2348	1,2092	5,5000
F06_T1	7,0580	0,9516		F06_T4	7,2335	0,9787	9,0000	F06_T7	7,5121	1,2463	14,0000	F37_T7	5,3347	1,0900	7,0000
F07_T1	6,2217	0,9891	7,0000	F07_T4	7,3254	1,2959	7,5000	F07_T7	5,6503	1,2165	10,0000	F38_T7	5,7613	0,9674	9,0000
F08_T1	6,3491	1,0595	7,0000	F08_T4	6,5181	1,1534	7,0000	F08_T7	5,8788	1,2405	11,0000	F39_T7	5,6249	1,3967	5,0000
F09_T1	6,8800	1,0780	9,0000	F09_T4	6,4336	1,0190	6,0000	F09_T7	7,2593	1,5132	11,0000	F40_T7	5,5625	1,3553	6,0000
F10_T1	5,7911	0,5008	7,0000	F10_T4	5,4303	0,9267	7,5000	F10_T7	6,0914	1,1889	14,0000	F41_T7	6,1426	1,4654	5,5000
F11_T1	7,8983	0,5371	8,0000	F11_T4	5,2139	2,0055	6,5000	F11_T7	6,8307	1,0608	9,0000	F42_T7	5,4342	1,2850	5,5000
F12_T1	6,5103	0,6873	7,5000	F12_T4	5,7580	0,9707		F12_T7	5,7368	1,2598	10,0000	F43_T7	6,4585	1,4287	7,0000
F01_T2	5,6969	3,7012	4,0000	F01_T5	4,2598	1,4662	4,0000	F13_T7	7,2583	0,9697	11,0000	F44_T7	5,7977	1,5904	4,5000
F02_T2	6,5162	0,7138	6,0000	F02_T5	3,2974	1,1246	4,0000	F14_T7	7,3025	1,2468	11,0000	F45_T7	6,7409	1,6932	7,5000
F03_T2	4,9029	0,8783	6,5000	F03_T5	3,5973	1,0341	3,0000	F15_T7	7,5212	1,5002	10,0000	F46_T7	5,3533	1,4051	6,0000
F04_T2	5,0750	1,0060	5,0000	F04_T5	3,5143	0,5700	2,0000	F16_T7	7,6503	0,9388	10,5000	F47_T7	5,9113	1,5056	5,5000
F05_T2	6,2783	1,1956	6,5000	F05_T5	3,4837	1,7469	4,5000	F17_T7	7,1010	1,2313	9,5000	F48_T7	7,3091	1,2447	7,5000
F06_T2	5,8616	0,8561	7,0000	F06_T5	2,7788	0,5748	2,0000	F18_T7	6,2084	1,4721	10,0000	F49_T7	7,1889	1,2162	8,0000
F07_T2	6,5534	0,9654	7,5000	F07_T5	4,9902	1,1406	4,5000	F19_T7	6,4756	1,5338	10,0000	F50_T7	6,2343	1,5137	4,5000
F08_T2	6,8540	0,7368	7,5000	F08_T5	3,1631	1,1183	4,5000	F20_T7	6,2339	1,0877	8,5000	F51_T7	5,8333	1,3343	5,0000
F09_T2	4,1158	1,1143	4,0000	F09_T5	3,7739	1,1093	3,0000	F21_T7	7,2538	1,3686	8,0000	F52_T7	6,1217	1,4087	6,0000
F10_T2	6,4245	1,6246	8,0000	F10_T5	3,4337	0,5211	2,5000	F22_T7	7,1059	1,1455	10,5000	F53_T7	7,5281	1,5302	5,5000
F11_T2	6,2923	1,0397	7,5000	F11_T5	4,6439	0,9322	3,0000	F23_T7	6,8776	1,1144	9,5000	F54_T7	6,4061	1,8172	4,0000
F12_T2	6,1115	0,6099	7,0000	F12_T5	3,5177	0,9682	2,5000	F24_T7	6,8135	1,5151	8,0000	F55_T7	5,9681	2,0435	6,5000
F01_T3	4,7052	0,5752	6,5000	F01_T6	7,3621	1,3595	7,0000	F25_T7	6,2251	1,2087	10,0000	F56_T7	6,5278	1,7891	7,0000
F02_T3	4,1890	0,6980	6,0000	F02_T6	6,5791	1,3941	5,5000	F26_T7	7,4201	1,1980	10,5000	F57_T7	5,9268	2,0149	6,5000
F03_T3	4,2128	0,7554	4,5000	F03_T6	5,5950	1,7615	5,5000	F27_T7	6,7636	0,8277	15,5000	F58_T7	5,6166	1,6351	5,5000
F04_T3	4,5574	0,7984	4,0000	F04_T6	3,5181	2,9992	5,0000	F28_T7	5,6425	1,2267	12,0000	F59_T7	6,7608	1,3689	7,0000
F05_T3	6,1313	0,5201	6,5000	F05_T6	7,1150	1,1023	7,0000	F29_T7	5,5779	1,3160	12,0000	F60_T7	6,0582	1,4463	5,0000
F06_T3	4,0388	0,6157	5,0000	F06_T6	7,2335	0,9787	5,0000	F30_T7	7,5439	1,3820	16,0000	F61_T7	4,9294	1,7948	6,5000
F07_T3	5,9287	1,0556	13,0000	F07_T6	6,3775	1,9041	5,5000	F31_T7	6,6954	1,2195	16,0000				
F08_T3	4,1409	0,7673	5,0000	F08_T6	6,1757	1,2434	6,0000								
F09_T3	5,5725	0,6148	6,0000	F09_T6	7,1334	1,7765	4,5000								
F10_T3	5,2874	0,6926	5,0000	F10_T6	5,7016	1,8756	5,0000								
F11_T3	6,0678	0,6914	8,5000	F11_T6	6,0633	1,9404	5,5000								
F12_T3	3,9072	0,9657	7,0000	F12_T6	6,5352	1,8126	5,5000								

Figura 5.65. Previsão obtida pela regressão linear.

6. Considerações Finais

O objetivo principal deste estudo foi analisar e estimar o stress hídrico em uma parcela de plantas da variedade Hayward de *actinídea*. Para atingir esse objetivo, foram empregues imagens aéreas e radiometria de campo. A metodologia adotada é rápida e não invasiva, não afetando a produção ou a integridade das plantas cultivadas. A utilização de um espectrorradiômetro possibilitou a obtenção de dados abrangentes sobre vários parâmetros e teores presentes nas plantas, com foco específico no teor de humidade das folhas.

Esses dados foram combinados com os valores de potencial hídrico medidos por meio da câmara de Scholander, o que proporcionou informações de qualidade para investigar a existência de correlações entre as assinaturas espectrais e o potencial hídrico. O objetivo era desenvolver um modelo que previsse o potencial hídrico com base apenas nas informações espectrais das plantas. Embora o uso de NDVI em uma área tão restrita tenha se mostrado desafiador devido à falta de grande variação, essa ferramenta ainda se demonstrou útil para monitorar o desenvolvimento da cultura ao longo do ciclo.

A abordagem adotada neste estudo permitiu uma avaliação abrangente do estado hídrico das plantas sem prejudicar sua saúde ou produção. A análise das correlações entre as assinaturas espectrais e os valores do potencial hídrico contribuiu para a compreensão das relações complexas entre os aspetos fisiológicos das plantas e suas características espectrais. Ainda que tenha havido desafios, os resultados obtidos fornecem insights valiosos para futuras pesquisas sobre a relação entre o estado hídrico e as características espectrais das plantas e para a criação de um modelo de previsão do potencial sem ser necessário utilização da camara de scholander.

A análise dos sete dias de recolha e processamento de dados e recolha dos dados das assinaturas espectrais, na sua relação com o potencial hídrico de ramo ($R^2=0,36$) demonstrou que a sua correlação existe, mas não é muito forte. Por outro lado, ao analisar os resultados obtidos por estratégia de rega, observou-se que o SR ($R^2=0,09$), RD ($R^2=0,31$) e RT ($R^2=0,27$) possuem correlações fracas, pondo em causa a estimação do estado hídrico da planta a partir das assinaturas espectrais.

Com estes resultados, não foi possível observar as correlações pretendidas para o stress hídrico da cultura, a exceção foi no T2 onde a correlação é forte ($R^2=0,66$) e já se torna possível prever o estado hídrico da planta sem a utilização da camara scholander. Uma

análise a conjuntos diferentes dos dias poderia originar melhores correlações, já que os dados apresentam diferenças entre si.

Estes resultados, maioritariamente, fracos podem dever-se a vários fatores, desde os quais, a forma como o equipamento de recolha estava calibrado em cada dia de amostragem, ao facto da cultura da parcela em estudo possuir já uma idade avançada e uma forte incidência de doenças (PSA) e pelo facto de possuir um lençol freático muito superficial não permitindo as plantas estarem em stress e dificultando a obtenção de potenciais pretendidos consoante a estratégia de rega.

Um estudo mais aprofundado, numa parcela onde os problemas anteriormente descritos não estejam presentes ou pelo menos não tão acentuados é crucial para a obtenção de melhores resultado. Apesar das dificuldades parece haver correlação entre as assinaturas espectrais das folhas e o potencial (quando os dados possuem a qualidade desejada).

Para estudos futuros, na área da recolha e processamento de amostras por espectroscopia de campo, potencial hídrico de ramo e NDVI, podemos identificar trabalhos a desenvolver, tais como:

- Estimar o NDVI utilizando as assinaturas espectrais obtidas pela espectroscopia de campo e comprimentos de onda específicos (nutrientes, estado hídrico, etc.);
- Melhorar correlações através de um processamento mais detalhado dos dados obtidos pela espectroscopia de campo e pelo potencial hídrico de ramo, eliminando dados que são dispersos do conjunto devido a doenças e outros fatores;
- Estudar comprimentos de onda onde as correlações entre as assinaturas espectrais e o potencial hídrico sejam capazes de originar R^2 mais elevados, originando correlações mais fortes e modelos de previsão mais precisos;
- Estudar a obtenção de correlações para criar modelo de previsão do potencial a partir de imagens NDVI e dos seus dados espectrais.

7. Referencias Bibliográficas

- Abdi, H., 2010. Partial Least Squares Regression and Projection on Latent Structure Regression (PLS Regression). Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2(1), 97-106. DOI: <https://doi.org/10.1002/wics.51>.
- Agroconsultores e Geometral, 1995. Carta dos Solos e Carta da Aptidão da Terra de Entre Douro e Minho. Direção Regional de Agricultura entre Douro e Minho – DRAEDM. Lisboa
- Agrogarante, 2022. Análise Setorial Subsetor – Kiwis. https://www.agrogarante.pt/fotos/noticias/analise_kiwi_ajustada_8618673575d666e53c4b72.pdf. Consultado em: 22 março de 2022
- AJAP, 2019. “Manual Boas Práticas para Culturas Emergentes a Cultura do Kiwi. https://culturasemergentes.ajap.pt/wpcontent/uploads/2019/01/Manual_Culturas_Emergentes_Kiwi_Digital-min.pdf. Consultado em: 10 março 2022.
- Almeida, J. M. R. 1996. Kiwi - Cultura de Actinideas: Como Produzir, Como vender, 150 - 175. Primeira edição, Clássica Editora, Nova Agricultura Moderna.
- ASD, 2002. FieldSpec Pro – Users Guide. <https://www.malvernpanalytical.com/br/learn/knowledge-center>. Consultado em: 10 dezembro 2022.
- Bieniek, A., Draganska, E., & Pranckietis, V. (2016). Assesment of climatic conditions for Actinidia arguta cultivation in north-eastern Poland. Zemdirbyste-Agriculture, 103(3).
- Boini, A., Cavallina, L., Perulli, G., Bresilla, K., Bortolotti, G., Morandi, B., ... & Manfrini, L. (2021, July). Actinidia chinensis: physiological and productive performance under water stress condition. In XII International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 1346 (pp. 43-50).
- Brook, P. J., 1990. Diseases of kiwifruit. In: Warrington IJW, G.C., editor. Kiwifruit: science and management. Auckland: Ray Richards, 420-428.
- Cacioppo, O., 1989. Cacioppo, O. 1989. O cultivo do Quivi. Editorial Presença Lda, Lisboa.
- Cacioppo, O., 2009. Le batteriosi del Kiwi in Italia. http://www.kiwiinforma.it/jm/images/stories/articoli/art_batteriosi.pdf. Consultado em: 8 de julho 2022.
- Caten, T. A., Dalmolin, S. D. R., Safanelli, L J., Silva, B. E., 2021. Avanços na observação e no conhecimento do solo via o sensoriamento próximo. Agropecuária Catarinense, 34(1), 72-78. DOI: [10.52945/rac.v34i1.1048](https://doi.org/10.52945/rac.v34i1.1048).
- Clark, R. N., 1999. Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. In Manual of remote sensing, 3 - 58. <https://www.semanticscholar.org/paper/Spectroscopy-of-Rocks-and-Minerals->

[%2C-and-Principles-Roger Clark/e18e854ba3e1919ee20d42326f9ed178942df791#citing-papers](#). Consultado em: 10 agosto 2022.

- Davison, R. M., 1990. The physiology of the kiwifruit vine. Kiwifruit Science and Management. New Zealand Society for Horticultural Science. In: I.J. Warrigton e G.C. Weston. Kiwifruit Science and Management. New Zealand Society for Horticultural Science, Ray Richards Publisher, 127-154.
- Dotto, C. A., Dalmotin, S. D. R., Pedron, A. F., Caten, A. F., Ruiz, F. C. L., T., 2014. Mapeamento digital de atributos: granulometria e matéria orgânica do solo utilizando espectroscopia de reflectância difus. Revista Brasileira Ciências Solo, 38(6), 1663-1671. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600001>.
- Draper, N. R., Smith, H. (1998). Applied Regression Analysis 3rd ed. DOI: [10.1002/9781118625590](https://doi.org/10.1002/9781118625590).
- Fanco, J. (2008). História e desenvolvimento comercial. In M. D. Antunes (Ed.), Kiwi - Da produção à comercialização (pp. 13–19). Universidade do Algarve, Ciências da Terra.
- FAOSTAT, 2022. Production of kiwi: Top Ten Producers. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Consultado em: 2 maio 2022.
- Ferguson, A. R., 1990. The genus Actinidia. In: I.J. Warrigton e G.C. Weston (eds.). Kiwifruit Science and Management. New Zealand Society for Horticultural Science, Ray Richards Publisher, Auckland, Nova Zelândia, 143 - 242.
- Fisher, R. A., 1992. Statistical Methods for Research Workers. In: Kotz, S., Johnson, N.L. (eds) Breakthroughs in Statistics. Springer Series in Statistics. Springer, New York, NY 66-70. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9_6.
- Frank, I. E., Friedman, J. H., 1993. A Statistical View of Some Chemometrics Regression Tools. Technometrics, 35(2), 109-135. DOI: [10.1080/00401706.1993.10485033](https://doi.org/10.1080/00401706.1993.10485033).
- Garcia-Ruiz, F., Sankaran, S., Maja, J. M., Lee, W. S., Rasmussen, J., Ehsani, R., 2013. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees. Computers and Electronics in Agriculture, 91, 106-115. DOI: [10.1016/J.COMPAG.2012.12.002](https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2012.12.002).
- Geladi, P., Kowalski, B. R., 1986. Partial Least-Squares Regression: A Tutorial. Analytica Chimica Acta, 185(1), 1-17. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(86\)80028-9](https://doi.org/10.1016/0003-2670(86)80028-9).
- Girija, R. R., Mayappan, S., Green, 2019. Mapping of mineral resources and lithological units: a review of remote sensing techniques. 79-106. DOI: <https://doi.org/10.1080/19479832.2019.1589585>.
- Greer, D.H. and W.A. Laing. 1992. Low-temperature and bright-light induced photoinhibition of photosynthesis in kiwifruit leaves. Acta Horticulturae 297: 315-322.

- Grellmann, E. O., 2005. Cultura do quivizeiro. Porto Alegre: SENAR-RS, 37p.
- Guerriero, P., G. Scalabrelli, G. Grazzini., 1990. Chilling effect on inhibition removal in kiwifruit dormant lateral buds. *Acta Horticulturae* 282: 79-86. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.282.7>.
- Hou, X., He, Y., Jones, B. T., 2006. Recent Advances in Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry. *Applied Spectroscopy Reviews*, 39 (1), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1081/ASR-120028867>.
- Huang, W., Lu, J., Ye, H., Kong, W., Mortimer, A, H., Shi, Y., 2018. Quantitative identification of crop disease and nitrogen-water stress in winter wheat using continuous wavelet analysis. 11 (2). 145-152. DOI: [10.25165/j.ijabe.20181102.3467](https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181102.3467).
- INE, 2023. Estatísticas Agrícolas – 2022. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=594695354&DESTAQUESmodo=2. Consultado em: 21 julho 2023.
- Jorge, S., 2008. Kiwi: Da produção à comercialização. Doenças da actinídea. <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/5682/1/Kiwi.pdf>. Consultado em: 10 setembro 2022.
- Lemière, B., 2018. A review of pXRF (field portable X-ray fluorescence) applications for applied geochemistry. *Journal of Chemical Geology*, 188, 350-363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jexplo.2018.02.006>.
- Li, D., Xie, X., Liu, X., Cheng, C., Guo, W., Zhong, C., & Atak, A. (2022). Effects of Short-Term High Temperature on Gas Exchange in Kiwifruits (*Actinidia* spp.). *Biology*, 11(11), 1686.
- Lilia *et al.*, 2005. Kiwi: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais, <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-avenda/pdf/SP27.pdf>. Consultado em: 28 março 2022.
- Maria, D.C, Justina, F.V., T. Panagopulos., 2018. The evolution of kiwifruit production in Portugal. *Acta Horticulturae*, 1-7. DOI: [10.17660/ActaHortic.2018.1218.2](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1218.2).
- Mazzini, M., 2004. Caratterizzazione di diverse popolazioni di *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, agente eziologico del cancro batterico del kiwi. Doctoral thesis, Università degli Studi di Milano.
- Miller, S. A., Smith, G. S., Boldingh, H. L., & Johansson, A. (1998). Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit. *Annals of botany*, 81(1), 73-81.
- Milton E. J., 1987. Principles of field spectroscopy, 1807 - 1827. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431168708954818>.
- Milton, E. J., 2004. Field Spectroscopy. In P. Atkinson (Ed.), 'Geoinformatics', in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)* Oxford, UK EOLSS Publishers

developed under the auspices of the Unesco: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c01/e6-64-0202.pdf>.

- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G., 2012. Introduction to Linear Regression Analysis (5th ed.). DOI: [10.1111/insr.12020](https://doi.org/10.1111/insr.12020) 10.
- Mouazen, A. M., W. Saeys, J. Xing, De Baerdemaeker, J., & Ramon, H., 2005. Near infrared spectroscopy for agricultural materials: an instrument comparison. 13, 87-97. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.461>.
- Nucci, T.A., 1996. Macronutrientes em kiwi cultivares bruno e monty: teores, sintomas de carência e exportação pelos frutos. Tese mestrado, Universidade de São Paulo.
- Nucci, T.A., Trani, P.E., 1996. Cultura do kiwi. Jaboticabal: Funep 28p.
- Núñez, L. R., 2022. Portable X-ray Fluorescence Analysis of Organic Amendments: A Review, 12(14), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12146944>.
- Osborne, G. B., 2006. Near-infrared Spectroscopy in Food Analysis. 1-14. DOI: [10.1002/9780470027318.a1018](https://doi.org/10.1002/9780470027318.a1018).
- Paramanik, 2017. Sugarcane stages (fresh and ratoon) and yellow wheat rust disease detection using AVIRIS-NG Hyperspectral data in two test sites of Western India. 30 – 36. DOI: [10.13140/RG.2.2.14735.53927/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14735.53927/1).
- Penna, T., Correra, T., 2020. Técnicas Avançadas para a Diferenciação de Isômeros por Espectrometria de Massas, Química Nova. 43(8), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170582>.
- PMS, 2022. PMS Instrument Products – Model 600. <https://www.pmsinstrument.com/products/model-600-pressure-chamber-instrument/>. Consultado em: 10 novembro 2022.
- Revista Portuguesa de Horticultura, 14(2), 15-19.
- Rosipal, R., Krämer, N., 2005. Overview and Recent Advances in Partial Least Squares. In Subspace, Latent Structure and Feature Selection: Statistical and Optimization Perspectives Workshop, 34-51. DOI: https://doi.org/10.1007/11752790_2.
- Sabins, F. F., 1999. Remote sensing for mineral exploration, Ore Geology Reviews, 14, 3-4, 157-183. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(99\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(99)00007-4).
- Sakane, K. K., Matsuura, E. N., Simioni, A. R., 2017. Espectroscopia no infravermelho como ferramenta para diferenciação de chá verde de agricultura orgânica e convencional. 10. 59-74. DOI: <https://doi.org/10.25112/rtt.v10i2.1968>.
- Salinero, M. C., Vela, P., & Sainz, M. J. (2009). Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* ‘Hayward’). *Scientia Horticulturae*, 121(1), 27-31.
- Schimel, D., Pavlick, R., Fisher, J.B., Asner, G.P., Saatchi, S., Townsend, P., Miller, C., Frankenberg, C., Hibbard, K. and Cox, P., 2015. Observing terrestrial ecosystems and the carbon cycle from space. *Global Change Biology*, 21. 1762-1776. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12822>.

- Sharma, S., Rana, V. S., Rana, N., Sharma, U., Gudeta, K., Alharbi, K., ... & Bhat, S. A. (2022). Effect of organic manures on growth, yield, leaf nutrient uptake and soil properties of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) cv. Allison. *Plants*, 11(23), 3354.
- Si, W., Xiong, J., Huang, Y., Jiang, X., Xu, D., 2022. Quality Assessment of Fruits and Vegetables Based on Spatially Resolved Spectroscopy: A Review. *Foods*, 11(9), 1-21 DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11091198>.
- Silvestrin, G., 1996. Produção de quivi (Kiwi), Viçosa: cpt 38p.
- Simão, S., 1998. Tratado de fruticultura, Piracicaba: FEALQ 760p.
- Sofia J., 2005. Doenças do kiwi, https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/doencas_kiwi.pdf. Consultado em: 10 maio 2022.
- Souza, D., Marodin, B., Barradas, N., 1996. Cultura do quivi, . Porto Alegre: Cinco continentes Editora 104p.
- Spetra, 2017. Brochures - Receptor SP60 GNSS. <https://spectrageospatial.com/sp60-gnss-receiver/>. Consultado em: 10 agosto 2022
- Thomidis, T., Exadaktylou, E., 2012. Effectiveness of cyproconazole to control Armillaria root rot of apple, walnut and kiwifruit. *Crop Protection*, v. 36 49-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.02.003>.
- Valenzuela, M., 2007. Actualidad de manejos productivos del kiwi en Nueva Zelanda. *Revista Frutícola*, v. 28, n. 1, 17- 28.
- Van der Meer, F. D., Van der Werff, H. M., Van Ruitenbeek, F. J., Hecker, C., Bakker, W. H., Noomen, M. F., 2012. Multi-and hyperspectral geologic remote sensing: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 14, 112-128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.08.002>.
- Weindorf, C. D., Bake, N., Zhu, Y., 2014. Chapter One - Advances in Portable X-ray Fluorescence (PXRF) for Environmental, Pedological, and Agronomic Applications. *Advances in Agronomy*, 128, 1-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802139-2.00001-9>.
- Williams, P., & Norris, K., 1987. Near-infrared technology in the agricultural and food industries, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 98 - 115.
- Wold, H., 1966. Estimation of Principal Components and Related Models by Iterative Least Squares. In *Multivariate Analysis*, 391-420.
- Xue, L., Cao, W., Luo, W., Dai, T., Zhu, Y., 2004. Monitoring Leaf Nitrogen Status in Rice with Canopy Spectral Reflectance. 96 (1) 135-142. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1350>.
- Yamanishi, A., 1994. A poda do kiwi, 11-14.
- Zaimenko, N. V., Skrypchenko, N. V., Ivanytska, B. O., Klymchuk, D. O., Novychenko, N. S., & Liu, D. (2020). The effect of soil and climatic conditions

on the distribution of nutrients in *Actinidia arguta* leaves. *Biosystems Diversity*, 28(1), 113-118.

Zuccherelli, G. & G. Zuccherelli 1982. *La Actinidia*, Ed. Mundi-Prensa,

Zuccherelli, G., 1981. *L`Actinidia: pianta da frutto e da giardino*, Bologna: Edagricole 198.