



**Fachadas verdes sustentáveis:
estudo de uma solução de dupla função ornamental e agrícola**

Beatriz Dias Alves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores: Professora Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço

Professor Doutor Pedro Manuel Vieira Talhinhas

Júri:

Presidente: Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Professora auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Primeiramente gostava de agradecer aos meus pais, Raquel e José, por me terem apoiado sempre ao longo destes 6 anos académicos, mas sobretudo durante toda a fase de realização desta dissertação. Agradecer à minha querida Professora *Tudinha*, por me ter ajudado na revisão e por me ter apoiado em todos os meus anos de escolaridade.

Gostaria de agradecer aos meus dois orientadores, Professora Doutora Teresa do Paço e Professor Doutor Pedro Talhinhos por me terem dado a oportunidade de realizar este trabalho e me terem ajudado e orientado durante todo o processo do mesmo.

À equipa que me ajudou na colocação dos painéis, com especial atenção, à Engenheira Luísa Valério, pela coordenação da mesma.

Ao Instituto Superior de Agronomia, por me ter dado a possibilidade de realizar este trabalho, cedendo o espaço da Unidade de Tratamento de Resíduos Perigosos.

Um último agradecimento às minhas amigas, Cristiana, Inês, Mariana e Marta, que sempre me apoiaram tanto a nível académico como pessoal.

Sem compreender as necessidades de uma cidade e, principalmente sem compreender as funções das áreas verdes, o paisagista não poderá realizar jardins.

Roberto Burle Marx

Resumo

As fachadas verdes oferecem benefícios significativos tanto a nível ambiental como urbanístico. No entanto, em Portugal, é comum encontrar exemplos onde são utilizadas espécies inadequadas e estruturas pouco sustentáveis. Dado o crescente impacto das perturbações ambientais causadas pela atividade humana, torna-se cada vez mais urgente adotar soluções eficazes para mitigar estes efeitos. Neste contexto, as fachadas verdes podem tornar-se sistemas mediadores ecológicos importantes.

O presente trabalho visa desenvolver um sistema de fachada verde com funcionalidade ornamental e agrícola, simultaneamente. Utiliza-se a espécie agrícola *Phaseolus lunatus* pelo seu rápido crescimento para cobertura inicial e a espécie ornamental *Hedera iberica* para cobertura contínua a longo prazo, com um crescimento mais lento. O sistema emprega materiais recicláveis e sustentáveis, como a cortiça, e plantas adaptadas ao clima mediterrâneo. Ao longo de sete meses, as plantas foram cultivadas em diferentes orientações geográficas e foram monitorizadas através de medições morfométricas e de fotografia digital, avaliando-se a sua adaptação.

As fachadas onde se registou um melhor desenvolvimento foram as fachadas Norte e Sul, que apresentam menor grau de ensombramento (em resultado da disposição da vegetação envolvente) e menor volume de água recebido (fruto da orientação do telhado da construção de suporte ao ensaio), mas onde são necessárias regas de complemento para melhorar a adaptação das espécies. Verificou-se a necessidade da utilização de guias para o feijoeiro e não para hera, dado que possui raízes aéreas.

Os resultados preliminares indicam que, a estrutura de cortiça, acompanhada de fio de cânhamo, é capaz de fornecer suporte adequado para a espécie agrícola, evitando o contacto direto com a parede e possíveis danos subsequentes, podendo assim, tornar-se uma solução viável para a implementação de fachadas verdes sustentáveis.

Palavras-chave:

Fachadas verdes indiretas; sustentabilidade; trepadeiras; cortiça; parede verde.

Abstract

Green facades offer significant benefits both environmentally and urbanistically. However, in Portugal, it's common to find examples where inappropriate species and unsustainable structures are used. Given the growing impact of environmental disturbances caused by human activity, it's increasingly urgent to adopt effective solutions to mitigate these effects. In this context, green facades can become important ecological mediating systems.

This study aims to develop a green facade system with both ornamental and agricultural functionality. The agricultural species *Phaseolus lunatus* is used for its fast growth to provide initial coverage, while the ornamental species *Hedera iberica* is used for long-term, continuous coverage, with slower growth. The system employs recyclable and sustainable materials, such as cork, and plants adapted to the Mediterranean climate. Over the course of seven months, the plants were grown in different geographic orientations and monitored. The facades where the best development was recorded were the North and South facades, which showed less shading (as a result of the surrounding vegetation layout) and received less water (due to the orientation of the roof of the supporting structure for the experiment). However, supplementary irrigation is required to improve species adaptation. It was observed that guides were necessary for the bean plant, but not for the ivy, as it has aerial roots.

The preliminary results indicate that the cork structure, along with hemp twine, can provide adequate support for the agricultural species, avoiding direct contact with the wall and possible subsequent damage, thus becoming a viable solution for the implementation of sustainable green facades.

Keywords:

Indirect green facades; sustainability; climbing plants; cork; Green walls.

Índice geral

Agradecimentos	II
Resumo.....	IV
Abstract	V
Índice geral.....	VI
Índice de figuras	VIII
Índice de quadros	X
1. Introdução.....	1
2. Contextualização.....	3
2.1. Tipologias de Paredes Verdes.....	3
2.2. Sustentabilidade no uso de fachadas verdes indiretas.....	7
2.2.1. Sustentabilidade Ambiental	7
2.2.2. Sustentabilidade económica	7
2.2.3. Sustentabilidade social	8
2.3. Escolha das espécies de plantas.....	8
3. Vantagens e desvantagens das fachadas verdes	12
3.1. Vantagens das fachadas verdes	12
3.1.1. Sequestro de Carbono	12
3.1.2. Aumento da qualidade do ar	12
3.1.3. Contributo para o “contínuo verde”	12
3.1.4. Mitigação do efeito “ilha de calor”	13
3.1.5. Eficiência energética.....	13
3.2. Desvantagens das fachadas verdes	14
3.2.1. Potenciais interações negativas com estruturas construídas no solo e subsolo.....	14
3.2.2. Potencial criação de ambiente propício a pragas urbanas	14
4. Materiais e Métodos.....	16
4.1. Caracterização do dispositivo experimental	16
4.1.1. Caracterização do clima da zona de Lisboa	16
4.1.2. Meio de enraizamento.....	17
4.1.3. Estrutura de Suporte da fachada verde indireta	17
4.2. Instalação e evolução do dispositivo experimental	19
4.3. Análise estatística	26
5. Resultados e Discussão	28
5.1. Condições meteorológicas e rega	28

5.2. Medições morfométricas.....	30
5.3. Estatística (ANOVA e Teste Tukey)	37
6. Conclusões	39
7. Referências Bibliográficas.....	41
Anexo	a
Análise estatística ANOVA e Teste Tukey.....	a

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de tipos de paredes verdes, traduzido de Manso e Castro-Gomes (2015).....	4
Figura 2. Parede viva na Caixa Forum em Madrid.	4
Figura 3. Parede viva modular nas fachadas do restaurante “Valenciana” em Campolide, Lisboa. (Fonte: TERRACEL, 2016).....	5
Figura 4. Fachada verde indireta em treliças modulares. (Fonte: Ecotelhado, 2025).....	5
Figura 5. Fachada verde direta na Biblioteca do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. .	6
Figura 6. Planta de Phaseolus lunatus perene cultivada em condições de sequeiro na Tapada da Ajuda.	9
Figura 7. Hedera iberica, Tapada da Ajuda, Lisboa.	11
Figura 8. Clima de Portugal Continental de acordo com Köppen-Geiger (Fonte: IPMA 2024).....	16
Figura 9. Médias das Temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) e médias (Tmed) diárias do ar e Precipitação na Tapada da Ajuda, Lisboa (Normais climatológicas 1981-2010 – Fonte: IPMA).	17
Figura 10. Edifício com placas de aglomerado de cortiça expandida MDFachada (Fonte: Amarin Cork Insulation 2023).	18
Figura 11. Esquemática da colocação dos painéis de cortiça	18
Figura 12. Tricoma em escama de Hedera iberica.....	19
Figura 13. Sementes de Phaseolus lunatus.	19
Figura 14. Estaca de Hedera iberica no dia 20/11/2023.....	20
Figura 15. Estaca de Hedera iberica no dia 31/01/2024.....	20
Figura 16. Germinação de Phaseolus lunatus no dia 12/01/2024.	21
Figura 17. Fachada Sul no dia do transplante 07/02/2024.	21
Figura 18. Fachada Este no dia do transplante 07/02/2024.	22
Figura 19. Fachada norte no dia do transplante 07/02/2024.	22
Figura 20. Fachada Sul no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.	23
Figura 21. Fachada Este no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.....	24
Figura 22. Fachada Norte no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.....	24
Figura 23. Fachada Sul após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.	25
Figura 24. Fachada Este após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.....	25
Figura 25. Fachada Este após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.....	25
Figura 26. Média das temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) e precipitação nos meses de janeiro a agosto de 2024 na Tapada da Ajuda, Lisboa.	28
Figura 27. Valores acumulados, totais e parciais, de precipitação e rega entre os meses de janeiro e agosto de 2024 na Tapada da Ajuda, Lisboa.	28
Figura 28. Valores acumulados, totais e parciais, de precipitação, rega e drenagem da cobertura do edifício nos meses de janeiro e agosto de 2024 na fachada Este, na Tapada da Ajuda, Lisboa.	29
Figura 29. Comparação da altura das heras para as diferentes fachadas.....	30
Figura 30. Comparação do número de folhas das heras para as diferentes fachadas.	30
Figura 31. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura das heras para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa. .	31

Figura 32. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de folhas das heras para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.	31
Figura 33. Comparação da altura dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.	32
Figura 34. Comparação do número de nós dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.	32
Figura 35. Comparação do comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.....	33
Figura 36. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.....	34
Figura 37. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de nós dos feijoeiros transplantados nas diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.	34
Figura 38. Comparação da altura dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas..	35
Figura 39. Comparação do número de nós dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas.	35
Figura 40. Comparação do comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas.	36
Figura 41. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura dos feijoeiros semeados, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.....	36
Figura 42. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de nós dos feijoeiros semeados, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.	37

Índice de quadros

Quadro 1. Calendário de identificação dos dias em que foram feitos os registos das fachadas (assinalado a verde).	26
Quadro 2. Calendário de identificação dos dias em que foram feitas as regas complementares (assinalado a azul).	26

1. Introdução

No mundo, e também em Portugal, a maioria da população reside em meios urbanos e a tendência é para aumentar. Prevê-se que, até 2050, a população urbanizada chegará perto dos 80% (UN DESA 2018). Nos centros urbanos concentra-se uma ampla gama de atividades económicas, infraestruturas e pessoas, ampliando os desafios associados à sustentabilidade. Portugal está entre os países com maior pobreza energética, em parte devido aos seus edifícios ineficientes (Público 2019). Esta pobreza revela-se, sobretudo, pela falta de isolamento térmico.

Em países como Portugal onde existe um acentuado período de seca, que se tem vindo a agravar com as alterações climáticas é importante arranjar soluções que permitam trazer a natureza para os centros urbanos, sem comprometer a sustentabilidade destes espaços, contornando a falta de água ou até mesmo, o armazenamento, em tempos de excessos para períodos em que há escassez (Trenberth 2011).

A utilização de espaços verdes traz benefícios que permitem contrariar parte dos problemas associados aos centros urbanos. Um estudo europeu mostrou que, numa zona urbana para se conseguir a redução de 1 °C na temperatura média de verão, é necessária uma cobertura arbórea de, pelo menos, 16% da área da respetiva zona (Marando et al. 2022). Deste modo, é extremamente importante controlar a urbanização, implementando a construção de edifícios energeticamente eficientes.

Os espaços verdes não só trazem benefícios ambientais como têm impacto na saúde das populações urbanas. Estes além de proporcionarem uma melhoria da qualidade ar (Baik et al. 2012), promovem um bem-estar psicológico e emocional, ajudando a diminuir o stresse e, por sua vez, aumentando a qualidade de vida (Stigsdotter e Grahn 2004).

A aplicação do conceito de parede verde em ambientes reais não é algo novo. Estas ajudam a aumentar a eficiência energética dos edifícios, por meio de mecanismos como o sombreamento, a evapotranspiração, o isolamento térmico e o bloqueio do vento (Besir e Cuce 2018). Os desafios a serem enfrentados estão relacionados com técnicas e soluções que podem tornar esta ideia sustentável.

A qualidade de vida dos grandes centros populacionais também pode ser melhorada com o uso de fachadas verdes indiretas. Estas, quando bem implementadas, podem desempenhar um papel importante pois oferecem vantagens, em relação a outros tipos de paredes verdes. A referir, o menor custo de instalação e manutenção porque os materiais

de suporte utilizados têm um custo menor e, pelo facto de se usarem espécies trepadeiras, há uma redução na quantidade de plantas usadas.

Com a intenção de desenvolver um sistema de fachada verde indireta, foi realizado um estudo de aproximadamente sete meses, com início em fevereiro de 2024.

Este estudo teve por base a intenção de, com recurso a plantas adaptadas às condições mediterrânicas e a materiais recicláveis e sustentáveis como as placas de cortiça, desenvolver um sistema de fachada verde indireta com funcionalidade mista: ornamental e agrícola. Beneficiando da espécie agrícola *Phaseolus lunatus* L. que permitirá, de início, uma rápida cobertura da fachada e, a escolha da espécie ornamental *Hedera iberica* (McAll.) Ackerf. & J.Wen, por ser de crescimento mais lento, terá um uso contínuo a longo prazo.

As plantas foram cultivadas em torno dum edifício em diferentes orientações geográficas. As plantas foram medidas e fotografadas, quantificando-se o seu crescimento e vários parâmetros tais como, o número de nós e comprimento médio entre estes, no caso concreto, de *Phaseolus lunatus*, e número de folhas, no caso de *Hedera iberica*.

2. Contextualização

2.1. Tipologias de Paredes Verdes

A abordagem para tornar as cidades mais verdes não é nova, tendo sido utilizada na antiguidade em civilizações, como a babilônica, que se admite ser um dos primeiros casos de utilização de paredes verdes (Vijayaraghavan 2016). O conceito de paredes verdes foi evoluindo com o tempo, o que explica presentemente a existência de uma grande variedade de técnicas, todas com objetivos semelhantes, entre eles trazer para os meios urbanos mais espaços verdes. (Manso e Castro-Gomes 2015).

Na região do Mediterrâneo inicialmente eram predominantemente utilizadas espécies trepadeiras que tinham os meios para se fixarem ao longo de fachadas dos edifícios, devido às suas características anatómicas, como a capacidade de trepar estruturas, criando assim camadas vegetais ao longo destas. Com o avançar da tecnologia e dos conhecimentos técnicos em diversas áreas, foram introduzidas novas espécies de plantas, não apenas trepadeiras, na construção de paredes verdes (Köhler 2008).

O conceito de paredes verdes diz respeito a todos os sistemas que, permitam tornar uma superfície vertical “mais verde”, com a seleção de espécies de plantas, incluindo soluções que permitem o crescimento de plantas nas paredes, podendo ser guiadas por estas ou incorporadas nelas próprias (Manso e Castro-Gomes 2015).

Os diferentes tipos de paredes verdes são distinguidos principalmente pelo grau de complexidade técnica, pelos materiais usados, pela sua forma de instalação e pelos resultados obtidos. Ao nível técnico dividem-se em: fachadas verdes e paredes vivas (Figura 1).

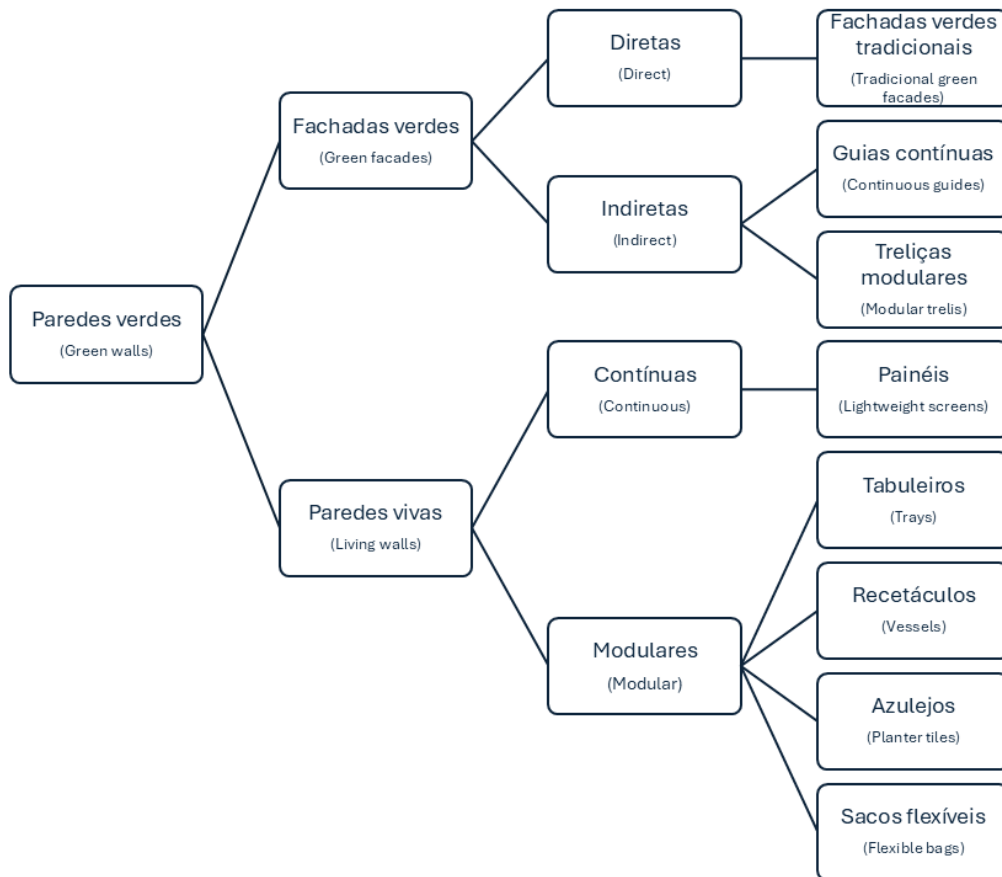


Figura 1. Esquema de tipos de paredes verdes, traduzido de Manso e Castro-Gomes (2015).

As paredes vivas diferenciam-se das fachadas verdes por terem as plantas dispostas verticalmente ao longo da uma estrutura (Ottelé et al. 2011) (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Parede viva na Caixa Forum em Madrid.



Figura 3. Parede viva modular nas fachadas do restaurante “Valenciana” em Campolide, Lisboa. (Fonte: TERRACEL, 2016)

O sistema de fachadas verdes, onde o uso de trepadeiras é obrigatório, divide-se em dois tipos de fachadas: as verdes indiretas (Figura 4) e as verdes diretas. Estas distinguem-se pelo facto de as trepadeiras, no caso das fachadas verdes indiretas, terem estruturas de suporte para o seu desenvolvimento e, nas fachadas verdes diretas, as trepadeiras desenvolverem-se diretamente na superfície do edifício (Figura 5).



Figura 4. Fachada verde indireta em treliças modulares. (Fonte: Ecotelhado, 2025)



Figura 5. Fachada verde direta na Biblioteca do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

As fachadas verdes são, na sua maioria, bastante simples em comparação com os outros tipos de paredes verdes e, apesar de terem um baixo custo, possuem a desvantagem de oferecer resultados menos imediatos. Por outro lado, as paredes vivas são mais complexas; acarretando maiores custos de instalação e de manutenção, apresentam um impacto visual imediato, após a sua instalação, uma vez que, possuem suportes onde as raízes dos variados tipos de plantas e não apenas trepadeiras se podem desenvolver.

Os estudos de Ottelé et al. (2011) demonstraram, através da Análise do Ciclo de Vida, que a maioria das paredes verdes não são sustentáveis, com exceção das fachadas verdes diretas e, isto fica a dever-se ao facto de o impacto ambiental associado a estes sistemas, ser superior aos benefícios ganhos. Os autores também evidenciam que este impacto ambiental pode ser diminuído se houver uma escolha de materiais mais sustentáveis. Atualmente, para a construção das estruturas das fachadas verdes indiretas, a escolha dos materiais recai maioritariamente sobre o metal que, apesar de ser reciclável, não é renovável. A sua manipulação é um dos maiores produtores de dióxido de carbono, assim como de outros gases com “efeito de estufa”, com emissões anuais de dióxido de carbono a representar 5% do total mundial (Zhang et al. 2021). Desta forma, é necessário substituir os metais usados, neste tipo de construção, por alternativas mais sustentáveis de forma a diminuir o impacto ambiental.

O significativo potencial das fachadas verdes indiretas está na sua relação custo-benefício, abrangendo quer aspetos financeiros quer ambientais (Köhler 2008). Estas estruturas apresentam uma grande capacidade de se tornarem autossuficientes e resilientes quanto às situações climáticas extremas.

2.2.Sustentabilidade no uso de fachadas verdes indiretas

O conceito de sustentabilidade no contexto de fachadas verdes indiretas é importante para fomentar os benefícios provenientes destes sistemas. Em 1987, as Nações Unidas definiram o conceito de sustentabilidade como sendo o suprimento das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades. Este conceito abrange três pilares principais, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade social e sustentabilidade económica (Brundtland 1987).

2.2.1. Sustentabilidade Ambiental

A sustentabilidade ambiental refere-se ao equilíbrio entre processos naturais de degradação e a interferência humana no ecossistema, por um lado, e os processos naturais de restauração e a gestão da proteção humana sobre os mesmos, por outro (Fresco e Kroonenberg 1992). A sustentabilidade ambiental pode basear-se em quatro componentes: produção, eficiência, estabilidade e resiliência. Casos de sistemas em que a substituição de plantas é recorrente, não são considerados sustentáveis dado que não apresentam estes componentes. Assim, ao ser avaliado o equilíbrio entre os custos e os benefícios ambientais destas estruturas, é possível abranger uma ampla gama de situações como por exemplo: aquando da instalação do sistema haverá uma perda de biodiversidade no solo que será intervencionado para a plantação das espécies novas, sendo que esta biodiversidade será repostada na parte aérea das plantas inseridas na fachada verde, isto assumindo que não irá existir substituição de plantas recorrente. A verdade é que, existindo mais exemplos como estes, podemos destacar as fachadas verdes como contribuidoras para a manutenção ou aumento da sustentabilidade ambiental, logo sustentáveis ambientalmente (Ragheb, El-shimy, e Ragheb 2016).

2.2.2. Sustentabilidade económica

A sustentabilidade económica deve ser considerada em termos de espaço e tempo, no entanto diz respeito à quantidade de recursos que serão gastos e reavidos (Spangenberg 2005). Ao aplicarmos o conceito de sustentabilidade económica às fachadas verdes indiretas, a sustentabilidade será o rácio entre os recursos gastos na construção,

implementação e manutenção das fachadas, e os benefícios obtidos durante a vida útil da estrutura. As fachadas verdes são os tipos de paredes verdes que apresentam um custo inferior (Perini et al. 2011). Dado que as fachadas verdes diretas apresentam maiores problemas de manutenção em virtude das paredes onde estão inseridas sofrerem maior deterioração (Manso e Castro-Gomes 2015), podemos dizer que o rácio entre os gastos e os benefícios obtidos poderá ser inferior a um sistema de fachada verde indireta, tornando-o estas últimas mais sustentável economicamente.

2.2.3. Sustentabilidade social

A sustentabilidade social engloba duas facetas intrínsecas de uma comunidade. A primeira aborda a equidade e justiça social e a segunda aborda a estabilidade numérica dos indivíduos da comunidade, sendo esta última afetada pelas interações sociais, saúde, segurança e pela proteção que a comunidade recebe, bem como a sua identidade, orgulho e sentido de lugar (Dempsey et al. 2011). Estas estruturas trazem benefícios sociais às comunidades, tais como, um aumento de coesão, um aumento na comodidade da comunidade e uma redução no crime (Parker e de Baro 2019). O orgulho e o sentido de lugar estão relacionados com o ambiente circundante, pois tais sentimentos podem ser afetados pela perceção que temos de um lugar (Dempsey et al. 2011). O aumento da qualidade de vida, proporcionado por este tipo de estruturas, pode influenciar neste tipo de sentimentos, influenciando assim a comunidade. Sumariamente é possível que as fachadas verdes indiretas possam contribuir para o aumento da sustentabilidade social.

2.3. Escolha das espécies de plantas

A escolha das espécies de plantas a utilizar é de extrema importância para o sucesso das fachadas verdes indiretas, tanto para a viabilidade das estruturas como para a aparência das mesmas. Como já foi referido, a utilização de espécies trepadeiras é obrigatória neste tipo de estrutura, e aquelas deverão estar adaptadas às condições existentes tanto a nível climático como a nível estrutural da fachada. No presente trabalho, as espécies escolhidas para o objeto em estudo foram *Phaseolus lunatus*, um feijoeiro, e *Hedera iberica*, uma hera de um ecótipo de Monsanto.

A espécie *Phaseolus lunatus*, conhecida vulgarmente como feijão-fava, é uma espécie herbácea originária da América Central. Esta espécie inclui tipos arbustivos anuais determinados e tipos trepadores indeterminados perenes. Os tipos arbustivos geralmente atingem uma altura de, aproximadamente, 60 cm, enquanto os tipos trepadores podem

crescer entre 2 e 5 m (Nwokolo 1996). Uma das características distintas do feijão-fava é a sua germinação epígea, na qual a plântula emerge do solo com os cotilédones projetando-se acima da superfície. As folhas são trifoliadas e apresentam um verde mais escuro em comparação com outras espécies do género, mesmo após o amadurecimento das vagens (Souza 2018). As flores do feijão-fava são organizadas num racemo axilar, com brácteas do cálice glandulares na face externa, geralmente atingindo metade do comprimento do cálice. O estandarte das flores é tipicamente pubescente na face externa, exibindo cores que variam entre branco, rosa e violeta. As asas são brancas ou violeta, e a quilha pode ser esverdeada ou, ocasionalmente, apresentar tonalidades rosa ou púrpura em flores coloridas (Baudoin 1993; Brunken et al. 2008). Este genótipo foi selecionado para o presente estudo por ter demonstrado ser capaz de atuar como trepadora perene em condições de sequeiro (Figura 6).



Figura 6. Planta de *Phaseolus lunatus* perene cultivada em condições de sequeiro na Tapada da Ajuda.

O feijão-fava é adaptado a climas temperados, com temperaturas que variam de 16 a 27 °C e, a precipitação anual ótima para o seu desenvolvimento, é de 900 a 1500 mm. No entanto, esta cultura tolera até 500-600 mm após estar estabelecida (Baudoin 1993), prefere solos bem drenados com pH superior a 6 mas, é capaz de se adaptar a solos pobres, crescendo desde o nível do mar até altitudes de 2000 m (Adebo 2023). Destaca-se em regiões semiáridas pela sua rusticidade e, apesar das restrições hídricas, é considerado resistente

e tolerante quando comparado com outros tipos de feijões (Ferreira, Oliveira, e Santos 2022).

Os feijões-fava são altamente nutritivos, oferecendo proteínas, aminoácidos, minerais, fibras alimentares e vitaminas do complexo B, como o folato, B6 e niacina. Estes feijões também se destacam, devido à sua proteína de qualidade, no entanto a composição nutricional pode variar devido a fatores climáticos e de crescimento (Adebo 2023; Brunken et al. 2008). O tegumento do feijão-fava é também uma fonte rica em proteínas com uma excelente solubilidade, o que demonstra o seu potencial para o uso em formulação de alimentos. Isto é benéfico para o enriquecimento alimentar, fornecendo uma alternativa econômica e sustentável a proteínas animais na alimentação humana (Seidu et al. 2015).

As heras (*Hedera spp.*) são trepadeiras conhecidas pela sua folhagem perene e por apresentarem heterobastia devido às suas duas fases de crescimento distintas, sendo bastante evidente na morfologia das folhas (Figura 7). Os ramos estéreis, numa fase juvenil, exibem folhas lobadas e um comportamento trepador e plagiotrópico ao contrário dos ramos frutíferos, numa fase adulta, que exibem folhas não lobadas e que apresentam um crescimento ortotrópico sem a capacidade de trepar. Em ambos os casos, as heras podem apresentar um crescimento lenhoso (Frydman e Wareing 1973). Os ramos frutíferos, produzem umbelas de flores hermafroditas discretas, que originam pequenos frutos pretos a uma altura acima de três metros do solo. As heras apresentam a capacidade de gerar novos indivíduos a partir de partes vegetativas, como caules, sem a necessidade de sementes ou reprodução sexual, a denominada propagação vegetativa. Neste processo, as plantas novas são geneticamente idênticas à planta-mãe, podendo este ocorrer naturalmente ou ser induzido artificialmente. Estas características tornam as heras plantas versáteis e populares para o uso em paisagismo, especialmente em áreas onde se deseja uma cobertura vegetal densa e de fácil manutenção (Green, Ramsey, e Ramsey 2011; Small 2019).



Figura 7. *Hedera iberica*, Tapada da Ajuda, Lisboa.

Existem cerca de 12 espécies de heras reconhecidas (Valcárcel e Vargas 2010), entre elas a espécie *Hedera iberica*, antes considerada uma subespécie de *Hedera maderensis* (que se dividia em *H. maderensis* subsp. *maderensis* e subsp. *iberica*). Ackerfield e Wen em 2002, através de diferenças micro- e macro-morfológicas, consideraram duas espécies independentes, *Hedera iberica* e *Hedera maderensis*. A espécie *Hedera iberica*, espécie escolhida para este trabalho, é endémica do Sudoeste da Península Ibérica, tendo sido optado por um ecótipo de Monsanto. A decisão de optar por espécies autóctones oferece diversos benefícios, tais como, a resiliência às variações climáticas, resistência a pragas e doenças, menor manutenção além de contribuírem para a biodiversidade local e equilíbrio ecológico (Forest Service 2024).

3. Vantagens e desvantagens das fachadas verdes

3.1. Vantagens das fachadas verdes

As paredes verdes oferecem inúmeros benefícios, tais como a melhoria da qualidade do ar, aumento da eficiência energética e da biodiversidade, entre outros. Os seus benefícios manifestam-se de forma gradual com o passar do tempo. No entanto, os efeitos resultantes serão progressivamente mais significativos, à medida que este tipo de estrutura é usado mais amplamente e com mais intensidade.

As fachadas verdes indiretas, como tipos de paredes verdes, oferecem as vantagens acima referidas e, podem ser projetadas para aproveitar a capacidade natural das plantas de trepar, sem comprometer as suas necessidades edafoclimáticas, apresentando custos de implementação e manutenção mais reduzidos em comparação com outras paredes verdes.

3.1.1. Sequestro de Carbono

O sequestro de carbono é um serviço ecossistémico regulador essencial. A vegetação presente nos espaços verdes contribui significativamente para a redução do dióxido de carbono na atmosfera, removendo-o e armazenando-o diretamente. Este processo ajuda a mitigar os efeitos das alterações climáticas ao reduzir a quantidade de gases de efeito de estufa na atmosfera (Mekala et al. 2015).

3.1.2. Aumento da qualidade do ar

Nas paisagens urbanas, a qualidade do ar é frequentemente prejudicada por vários processos, entre eles, a produção e o consumo de energia por veículos motorizados que, na atmosfera, libertam substâncias como ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrogénio, dióxido de enxofre, partículas materiais e chumbo. As partículas materiais com tamanhos inferiores a 10 µm e o ozono são especialmente prejudiciais à saúde (Jayasooriya et al. 2017). Os espaços verdes têm o potencial de melhorar a qualidade do ar, funcionando como filtros naturais que absorvem poluentes e partículas (Beckett et al. 1998; Ghazalli et al. 2019).

3.1.3. Contributo para o “contínuo verde”

As fachadas verdes indiretas contribuem positivamente para o aumento do "contínuo verde" interrompido pelas construções humanas. A maioria das soluções existentes para aumentar o contínuo verde exige espaços quase exclusivamente dedicados a esse

propósito. No entanto, o uso de fachadas verdes indiretas pode ajudar a ligar manchas naturais, criando habitats seminaturais em áreas que, de outra forma, seriam apenas desertos ecológicos (Meerow e Newell 2017).

3.1.4. Mitigação do efeito “ilha de calor”

Um dos efeitos mais estudados das alterações climáticas é o efeito “ilha de calor”. Este fenómeno ocorre quando áreas urbanas são significativamente mais quentes do que as áreas rurais em redor, devido a superfícies impermeáveis, redução da vegetação, atividades humanas que geram energia e à geometria das cidades que retém calor (EPA 2023; Santamouris 2014). A presença de vegetação em fachadas reduz a temperatura superficial dos edifícios através de evapotranspiração, diminuindo o fluxo de calor sensível para a atmosfera (Knight et al. 2021; Santamouris 2014; Wong et al. 2021). A vegetação aumenta ainda o albedo das áreas urbanas, refletindo mais radiação solar e reduzindo a absorção de calor (Wong et al. 2021).

3.1.5. Eficiência energética

Em termos do invólucro do edifício, que é a parte que separa o interior do exterior, o desempenho energético pode ser definido como a minimização da necessidade de energia para aquecimento e arrefecimento devido às propriedades estruturais do invólucro (Besir e Cuce 2018). As fachadas verdes contribuem significativamente para a eficiência energética através de vários mecanismos, como ensombramento, evapotranspiração e isolamento térmico (Wong et al. 2021).

Foi demonstrado que paredes cobertas com heras podem reduzir as perdas energéticas em 8%, diminuindo as perdas de calor durante as noites de inverno, enquanto que nos meses de verão ajudam a prevenir o sobreaquecimento (Bolton et al. 2014).

No presente trabalho, a utilização de placas de cortiça aglomerada oferece uma camada adicional de isolamento térmico, devido às suas propriedades, como a baixa condutividade térmica e uma média densidade (Amorim Cork Insulation 2023). Placas com média densidade são ideais porque, embora materiais de baixa densidade tenham mais espaços de ar, proporcionando melhor isolamento, estas podem ser menos duráveis. A cortiça aglomerada equilibra bem estas características, fornecendo isolamento eficaz sem comprometer a durabilidade (Barreca e Fichera 2016).

3.2.Desvantagens das fachadas verdes

3.2.1. Potenciais interações negativas com estruturas construídas no solo e subsolo

Uma planta, à medida que se desenvolve, aumenta de altura e largura, sendo que a interação física e química desta com o ambiente também aumenta o seu desenvolvimento. Além disto, uma planta que está fisicamente próxima de uma estrutura construída irá inevitavelmente interagir com esta, tanto acima do solo como no subsolo.

Para sustentar o crescimento da planta, as raízes absorvem um volume apreciável de água do solo. A remoção de água pode resultar na contração dos solos que são particularmente suscetíveis à dessecação. A perda de volume e estabilidade do solo pode resultar em movimentações e fissuras nas fundações dos edifícios. Este problema é mais comum em locais onde a reposição de água é difícil, seja devido a uma infraestrutura que impede a infiltração ou a uma baixa permeabilidade do solo, como é o caso de solos argilosos (Biddle 2001).

As raízes podem ter várias interações negativas com as estruturas no solo e subsolo. Uma das principais preocupações é o potencial de danos estruturais causados pelo crescimento das raízes em direção às fundações e infraestruturas enterradas. Raízes robustas podem envolver ou penetrar em tubagens de água, esgoto, drenagem, cabos elétricos e sistemas de comunicação, resultando em danos físicos que podem levar a vazamentos, obstruções ou falhas estruturais. Com a necessidade de reparar os danos causados, existe a possibilidade de haver danificação das raízes que existem no local de intervenção, podendo causar problemas às plantas ou podendo vir a causar a sua morte (Sieghardt et al. 2005).

Para evitar este tipo de problemas é necessário conter o crescimento das raízes superficiais. Isto pode ser feito através do uso de caldeiras compostas por betão reforçado (Blunt 2008). Medidas como esta farão com que as raízes tenham tendência a projetar-se em direções que não interfiram negativamente com as infraestruturas subterrâneas e pavimentos.

3.2.2. Potencial criação de ambiente propício a pragas urbanas

As fachadas verdes, embora proporcionem diversos benefícios ambientais e estéticos, também podem criar um ambiente propício para a proliferação de pragas urbanas. A presença de vegetação densa e próxima das edificações pode atrair e abrigar diversas espécies de pragas, tais como insetos, roedores e aves, que podem causar danos à

estrutura do edifício e representar riscos à saúde das populações. A avaliação de potenciais riscos deve ser realizada individualmente, com decisões fundamentadas nas especificidades de cada local, nas principais preocupações de saúde pública e nas prioridades da comunidade (Löhmus e Balbus 2015). Enquanto se incentiva o aumento da biodiversidade, é importante evitar que os sistemas verdes sejam sobrecarregados por animais que possam ser vetores de doenças. É uma questão difícil, porque, por um lado, queremos evitar que alguns tipos de animais se proliferem excessivamente, mas, por outro, queremos que outros animais possam viver e interagir com estas infraestruturas.

4. Materiais e Métodos

Foram delineados dois objetivos no presente estudo: 1) testar o sistema de construção de fachada verde e os seus materiais, 2) testar a utilização e adaptação de plantas para produção mista (agrícola e ornamental) em fachada verde. Relativamente ao segundo objetivo, beneficia-se do rápido crescimento e da fácil sementeira da espécie agrícola escolhida para cobrir inicialmente a fachada e utilizando a espécie ornamental para uso contínuo a longo prazo. Após a instalação do dispositivo, as plantas de ambas as espécies foram acompanhadas; o seu crescimento e outros parâmetros foram quantificados.

4.1. Caracterização do dispositivo experimental

O projeto foi realizado nas paredes exteriores da Unidade de tratamento de Resíduos Perigosos do Instituto Superior de Agronomia, na Tapada da Ajuda, em Lisboa. Este local é dotado de uma superfície a cobrir pela fachada verde indireta, aproximadamente, de 26 m², distribuída por 3 fachadas do edifício orientadas a Sul, Este e Norte. O acesso ao edifício faz-se pela fachada oeste, não estando, portanto, disponível para o revestimento.

4.1.1. Caracterização do clima da zona de Lisboa

Lisboa está localizada numa zona de clima temperado mediterrâneo de verão quente (Csa), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Figura 8). Este tipo de clima é caracterizado por um contraste pronunciado entre as estações do ano. Durante o outono e o inverno, a região recebe a maior parte da precipitação, enquanto na primavera e verão, a pluviosidade é moderada a baixa, acompanhada por temperaturas elevadas (Instituto Português do Mar e da Atmosfera 2024).

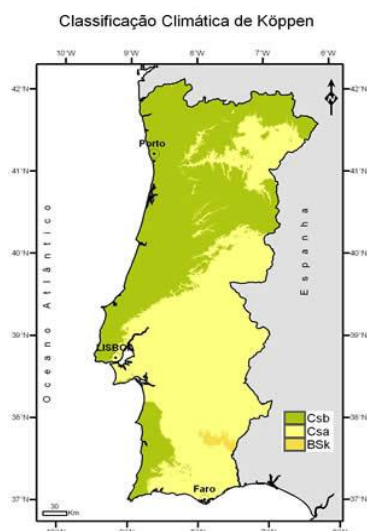


Figura 8. Clima de Portugal Continental de acordo com Köppen-Geiger (Fonte: IPMA 2024).

Especificamente, as normais climatológicas obtidas para o período entre 1981 e 2010 na estação meteorológica localizada na Tapada da Ajuda, em Lisboa (latitude 38° 71' N; longitude 9° 18' W; altitude de 70 m), indicam que em média a temperatura máxima foi mais elevada no mês de agosto com um valor de 28,5 °C e que a temperatura mínima ocorre em janeiro sendo de 7,6 °C. Quanto à precipitação, os valores mais elevados ocorrem em novembro, enquanto os mais baixos são registados em julho (Figura 9).

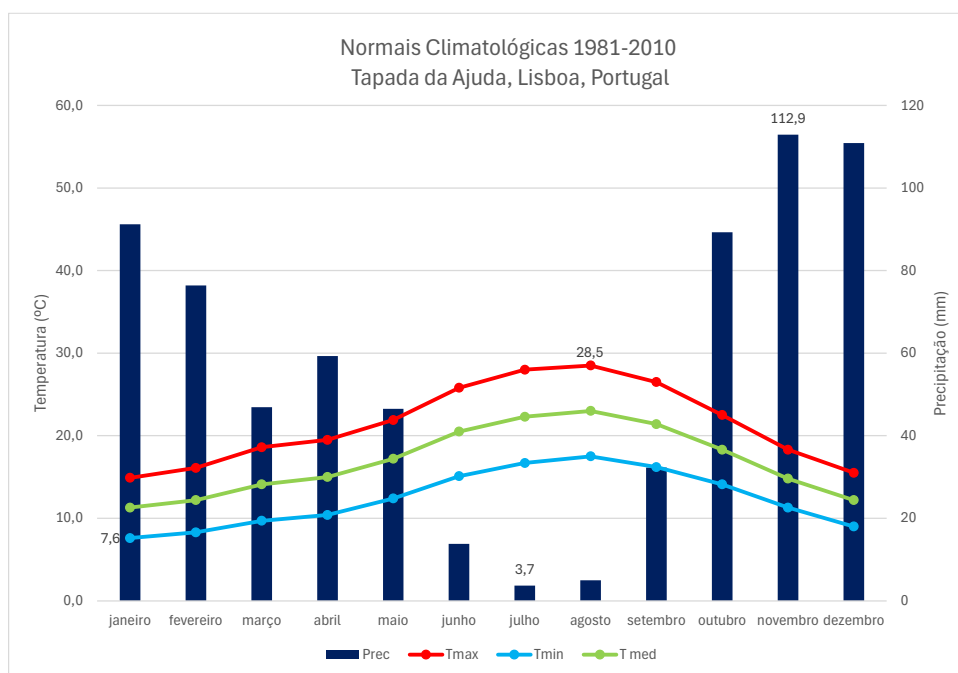


Figura 9. Médias das Temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) e médias (Tmed) diárias do ar e Precipitação na Tapada da Ajuda, Lisboa (Normais climatológicas 1981-2010 – Fonte: IPMA).

4.1.2. Meio de enraizamento

O solo da Tapada da Ajuda está caracterizado e classificado, de acordo com a classificação portuguesa, como Cbc, isto é, é considerado um Barro Castanho-Avermelhado, Calcário, Não Descarboxinado, de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas associadas a calcário friável. São solos ricos em argila e de baixa permeabilidade tendo tendência a fendilhar quando secos.

4.1.3. Estrutura de Suporte da fachada verde indireta

Como se trata de um sistema de fachada verde indireta, utilizou-se uma estrutura que permite o suporte das plantas. A estrutura escolhida é constituída por painéis de aglomerado de cortiça expandida, da gama MDFachada da empresa Amorim Cork Insulation S.A (Figura 10). Estes painéis têm 1 metro de altura e 50 centímetros de largura, apresentam uma espessura de 40 mm e as restantes características: densidade de 140 +/- 10 kg m⁻³; condutividade térmica de 0,043 Wm⁻¹ K⁻¹; reação ao fogo classificada como

Euroclasse E; absorção de água a curto prazo por imersão parcial de $0,18 \text{ kg m}^{-2}$. Uma característica importante deste material é a sua resistência à tração perpendicular às faces, que é de $67,81 \text{ kPa}$, favorecendo a vida útil da fachada (Amorim Cork Insulation 2023).

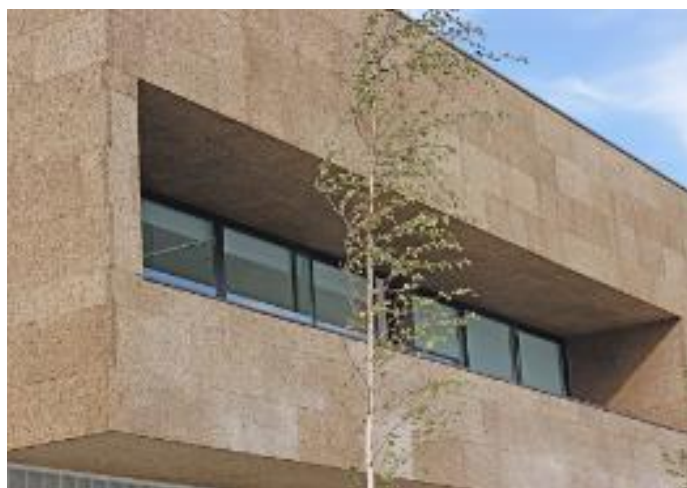


Figura 10. Edifício com placas de aglomerado de cortiça expandida MDFachada (Fonte: Amorin Cork Insulation 2023).

Na Figura 11 representa uma esquematização, que não foi desenhada à escala, que ilustra a colocação dos painéis de cortiça no edifício onde se realizou o trabalho. No total, foram utilizados 46 painéis cobrindo uma superfície total de 23 m^2 .

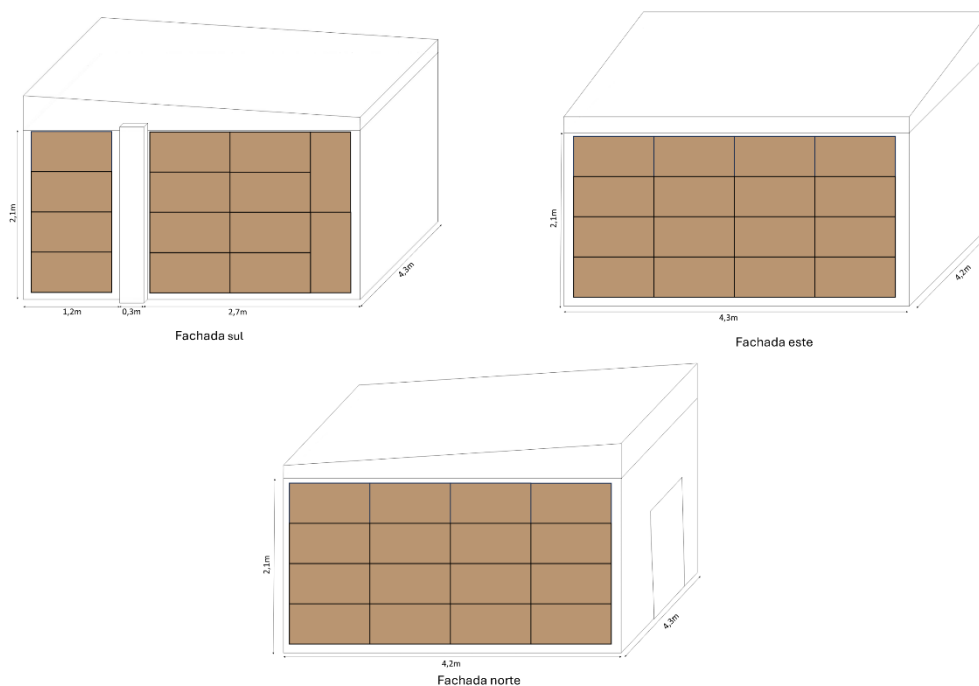


Figura 11. Esquematização da colocação dos painéis de cortiça

4.2. Instalação e evolução do dispositivo experimental

O material vegetal utilizado no estudo foi obtido a partir de diferentes fontes. No caso da hera, as estacas foram recolhidas na Tapada da Ajuda. Durante a recolha, as folhas foram observadas em detalhe, especificamente, o número de lóbulos, a sua forma e os tricomas (Figura 12). As sementes de feijão-fava foram cedidas pela coleção de germoplasma do Instituto Superior de Agronomia (Figura 13).



Figura 12. Tricoma em escama de *Hedera iberica*.



Figura 13. Sementes de *Phaseolus lunatus*.

A 20 de novembro de 2023, começaram os trabalhos de uma preparação inicial. Começou-se com a propagação em estufa de, aproximadamente, 40 estacas, com cerca de 10 a 15 cm da espécie ornamental, *Hedera iberica*, de modo que, aquando da transplantação das mesmas, estas apresentassem um tamanho considerável para facilitar o seu transplante e encaminhamento para os painéis. Para a propagação das referidas estacas, utilizou-se um

substrato apropriado, para a propagação vegetativa, que apresenta um pH entre os 5,5 e os 6,5 e com um teor de matéria orgânica superior a 70%. Posteriormente, realizou-se nova propagação, no dia 12 de janeiro de 2024, em substituição de 23 estacas que não sobreviveram. Durante a estadia em estufa, as plantas foram acompanhadas regularmente, recebendo regas abundantes para assegurar o desenvolvimento adequado (Figuras 14 e 15).



Figura 14. Estaca de *Hedera iberica* no dia 20/11/2023.



Figura 15. Estaca de *Hedera iberica* no dia 31/01/2024.

De modo a garantir o sucesso dos feijoeiros, foi iniciado no dia 11 de dezembro de 2023, um teste de germinação aos mesmos, utilizando 30 sementes que foram recolhidas e devidamente tratadas. A realização deste teste com solo recolhido na Tapada foi de extrema importância para se garantir uma melhor adaptação da planta ao local onde iria ser semeada. Cerca de um mês depois da sementeira em estufa (12/01/2024), a taxa de germinação era de 93% (Figura 16).



Figura 16. Germinação de *Phaseolus lunatus* no dia 12/01/2024.

No dia 7 de fevereiro de 2024, as espécies desenvolvidas para este estudo, foram transplantadas para o local definitivo e dispuseram-se alternadamente com 50 cm de distância (Figuras 17, 18 e 19).



Figura 17. Fachada Sul no dia do transplante 07/02/2024.



Figura 18. Fachada Este no dia do transplante 07/02/2024.



Figura 19. Fachada norte no dia do transplante 07/02/2024.

Das três fachadas usadas neste estudo, a fachada Este esteve, desde o início, mais ensombrada, em resultado da disposição da vegetação envolvente. Denota-se também que o edifício não se encontra numa orientação completamente cartesiana, havendo um ligeiro desvio na direção Nordeste – Sudoeste, podendo ter influência na exposição solar das fachadas.

As plantas no dispositivo experimental foram identificadas utilizando um sistema de codificação específico, que facilita a localização e o acompanhamento de cada uma delas. Este sistema de códigos é composto por três partes: a primeira letra representa a fachada em que a planta se encontra (S para Sul, E para Este e N para Norte); a segunda letra indica

a espécie da planta (F para o feijoeiro e H para a hera) e, por fim, um número que corresponde à posição em que a planta se encontra na respetiva fachada.

Além disso, para diferenciar os feijoeiros semeados dos transplantados, foi adicionado um “s” ao final dos códigos dos feijoeiros semeados. Por exemplo, o primeiro feijoeiro transplantado na fachada Sul é identificado como SF1, enquanto o primeiro feijoeiro semeado na mesma fachada é identificado como SF1s.

No caso das heras, que foram transplantadas aos pares, foi adicionado um número extra, ao respetivo código, para diferenciar as duas plantas em cada posição. Assim, no terceiro espaço das heras da fachada Norte, as plantas são designadas como NH3.1 e NH3.2.

No dia 12 de março de 2024, procedeu-se à instalação dos painéis de aglomerado de cortiça expandida. Estes foram fixados com mástique de fixação, elástico (GOFIX MS 280 XFAST) com presa inicial imediata e elevada resistência que, por sua vez, também é resistente a temperaturas entre os -40 e os +100 °C e, ainda, resistente à radiação e à humidade, possuindo uma resistência à tração de 22 kg cm⁻². Antes dos painéis serem aplicados a parede passou por um tratamento com um *primer* (GOFIX Primer 99) à base de uma solução de poliisocianato. Este *primer* atuou como aglutinante, reforçando a aderência da massa elástica de fixação na superfície porosa da parede, proporcionando uma maior coesão. Além disto, o *primer* mantém uma leve impermeabilização à superfície (Figuras 20, 21 e 22).



Figura 20. Fachada Sul no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.



Figura 21. Fachada Este no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.



Figura 22. Fachada Norte no dia da colocação dos painéis 12/03/2024.

No dia 19 de abril foi realizada a sementeira de *Phaseolus lunatus*, uma vez que as temperaturas já eram mais propícias para a germinação adequada dos feijoeiros; começando estes a germinar a partir do dia 4 de maio.

Também no dia 19 de abril, foram instaladas guias, em fio de cânhamo, para dar suporte aos feijoeiros uma vez que não teriam capacidade de se sustentar sem auxílio (Figuras 23, 24 e 25), sendo estas guias ampliadas, sempre que necessário, à medida que os feijoeiros se foram desenvolvendo.



Figura 23. Fachada Sul após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.



Figura 24. Fachada Este após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.



Figura 25. Fachada Este após a colocação de uma fração das guias, dia 19/04/2024.

Para poder quantificar e analisar as alterações destas plantas ao longo do tempo foram realizadas medições de altura em ambas as espécies e contagem do número de folhas, no caso das heras e, contagem do número de nós e distancia média entre estes, no caso dos

feijoeiros, sensivelmente uma vez por semana. Estas medições foram acompanhadas de fotografias das plantas e das fachadas (Quadro 1).

Quadro 1. Calendário de identificação dos dias em que foram feitos os registos das fachadas (assinalado a verde).

Março 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Abril 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Maio 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Junho 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Julho 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Agosto 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Não foi instalado sistema de rega. No entanto, de 7 de maio a 31 de agosto, foram administradas regas pontuais, para um melhor desenvolvimento das jovens plantas. Após este tempo, o sistema manter-se-á em sequeiro. (Quadro 2).

Quadro 2. Calendário de identificação dos dias em que foram feitas as regas complementares (assinalado a azul).

Maio 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Junho 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Julho 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Agosto 2024						
Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

4.3. Análise estatística

Para a realização de uma análise de variância ANOVA tem de haver pelo menos duas repetições válidas em cada fachada, uma vez que tem como objetivo comparar a média de uma população amostral, identificando assim se essas médias diferem significativamente entre elas (Bevans 2020).

Ambos os testes estatísticos, análise de variância ANOVA e Teste de Tukey, foram realizados com recurso ao software RStudio.

Os dados obtidos nas medições semanais, foram submetidos a uma análise de variância ANOVA, a um nível de significância de 0,05, considerando a variação entre valores finais e iniciais de cada variável - altura em ambas as espécies, número de nós nos feijoeiros e número de folhas nas heras, sendo que a única variável em que se considerou apenas o valor final foi o comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros. Quando os resultados da ANOVA permitiram concluir que a orientação das fachadas apresentou influência sobre as variáveis, foi realizado um Teste de Tukey permitindo assim mostrar a fachada divergente.

5. Resultados e Discussão

5.1. Condições meteorológicas e rega

As temperaturas, durante o período em estudo (janeiro-agosto 2024), variaram entre 9,6 e 30,6 °C, sendo o mês de agosto o mais quente e março o mês em se registaram as temperaturas mais baixas (Figura 26). Como se pode constatar no gráfico da Figura 24, o mês de março, foi o que apresentou maior precipitação, em contraste com agosto que foi o mês em que choveu menos. Verificou-se uma precipitação total de 412 mm, durante o período de estudo.

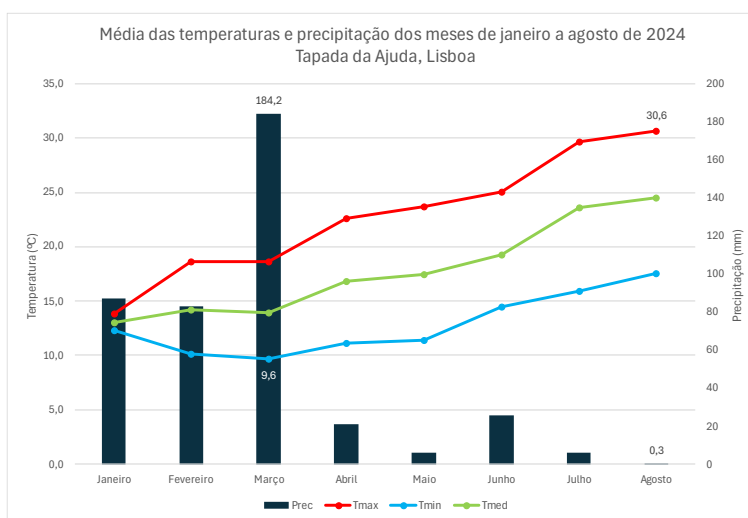


Figura 26. Média das temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) e precipitação nos meses de janeiro a agosto de 2024 na Tapada da Ajuda, Lisboa.

Como referido, de 7 de maio a 31 de agosto administraram-se regas complementares por terem sido os meses menos pluviosos. As regas totalizaram um volume de, aproximadamente, 393 mm que, com a precipitação levou a um total de, aproximadamente, 805 mm de altura de água recebida (Figura 27).

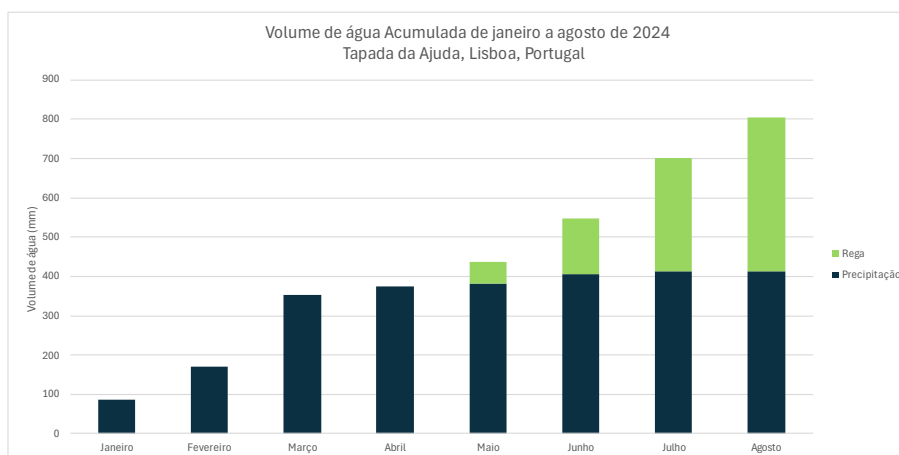


Figura 27. Valores acumulados, totais e parciais, de precipitação e rega entre os meses de janeiro e agosto de 2024 na Tapada da Ajuda, Lisboa.

Devido à inclinação do telhado, a fachada Este recebeu a totalidade da drenagem de água proveniente da cobertura do edifício. Considerando que a área do telhado é de, aproximadamente, 23,5 m², é possível calcular a quantidade de água que acabou por escoar e se distribuir ao longo da fachada, por uma área de 4,7 m². Ao comparar a quantidade de água que escoou, cerca de 2064 mm, com a precipitação direta (412 mm), verificou-se que o volume de água recebido por esta fachada é significativamente maior, totalizando 2869 mm, quando se considera em conjunto a água drenada da cobertura, rega e precipitação (Figura 28). Especificamente, o aumento na quantidade de água que atingiu a fachada Este é de 500% em comparação com as restantes fachadas.

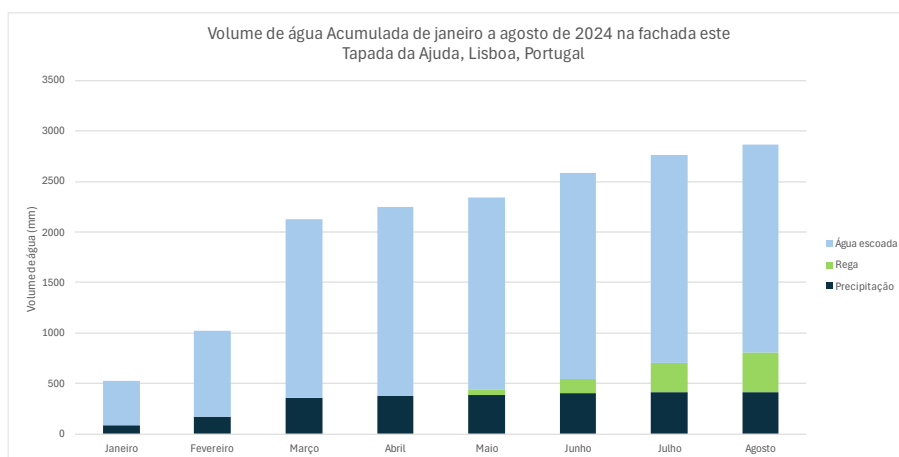


Figura 28. Valores acumulados, totais e parciais, de precipitação, rega e drenagem da cobertura do edifício nos meses de janeiro e agosto de 2024 na fachada Este, na Tapada da Ajuda, Lisboa.

Como já foi referido anteriormente a fachada Este apresentou-se mais ensombrada quando comparada com as restantes, devendo-se esta situação à disposição da vegetação envolvente. No entanto, foi denotado de uma forma empírica que à medida que nos aproximávamos do solstício de verão, que foi acompanhado pelo aumento da inclinação do sol, as fachadas Norte e Sul iam apresentando maior exposição solar, o contrário aconteceu à medida que nos afastávamos do solstício e a inclinação do sol diminuía. Referindo ainda o facto de a orientação do edifício não ser completamente cartesiana, apresentando um pequeno desvio para a direção Nordeste – Sudoeste. Estes três aspetos podem explicar o aumento da exposição solar por parte das fachadas Norte e Sul e uma diminuição desta na fachada Este.

5.2. Medições morfométricas

Podemos observar na Figura 29 que, relativamente à altura das heras, a fachada Norte apresentou plantas que atingiram uma altura mais elevada. Contudo, o número de folhas foi semelhante nas fachadas Norte e Sul durante o período de estudo (Figura 30).

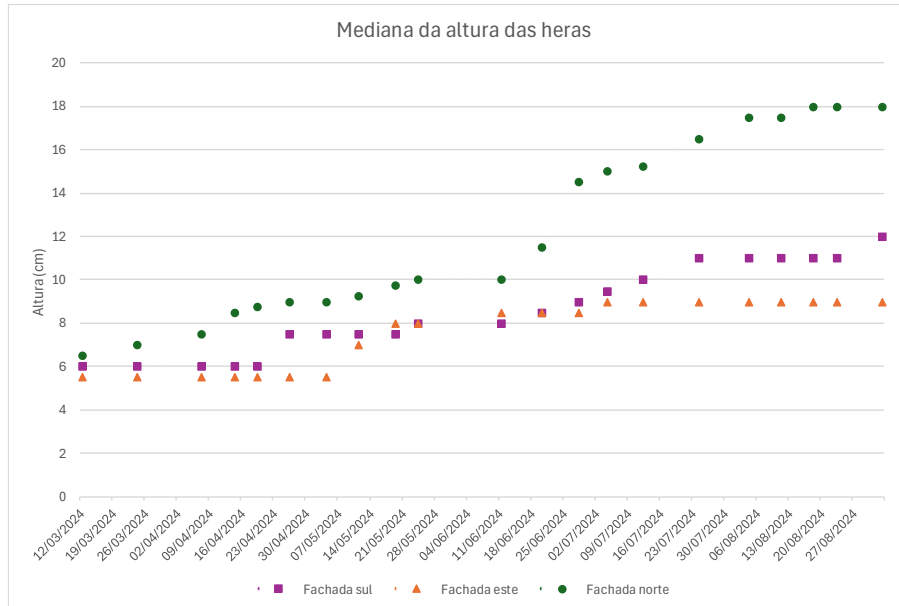


Figura 29. Comparação da altura das heras para as diferentes fachadas.

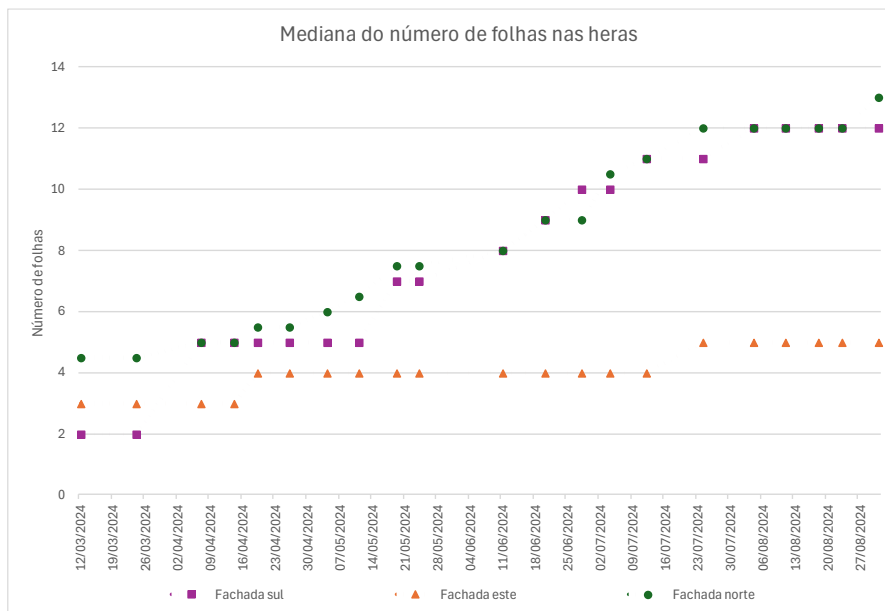


Figura 30. Comparação do número de folhas das heras para as diferentes fachadas.

No caso das heras, verificou-se que nas fachadas Sul e Norte houve uma evolução mais significativa no seu desenvolvimento. Por observação dos gráficos das Figuras 31 e 32, pode-se inferir que, o aumento da temperatura média para valores superiores a 15 °C pode ter favorecido o seu desenvolvimento. Relativamente à fachada Este, onde se verificou um aumento no volume de água e uma menor exposição solar, o desenvolvimento das heras pode ter tido uma influência negativa.

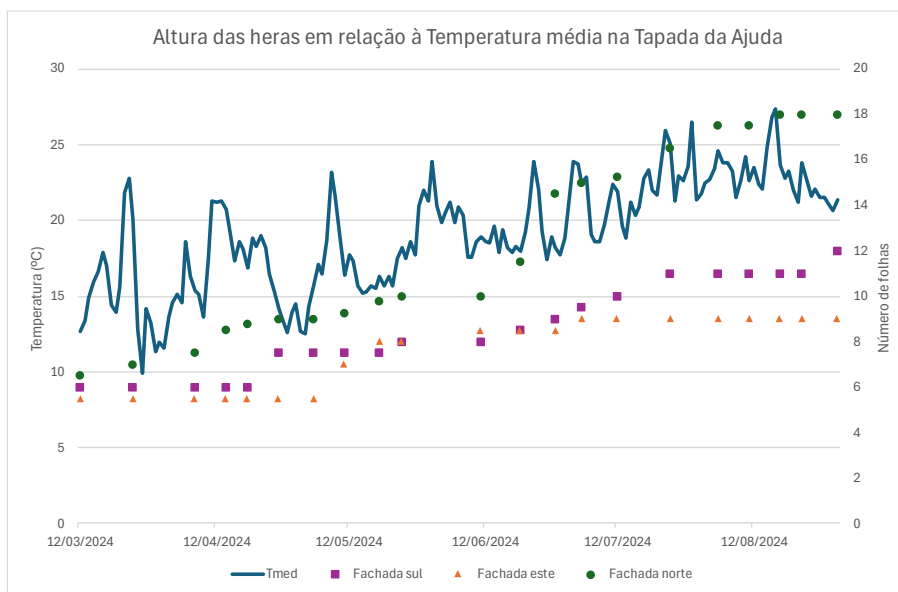


Figura 31. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura das heras para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

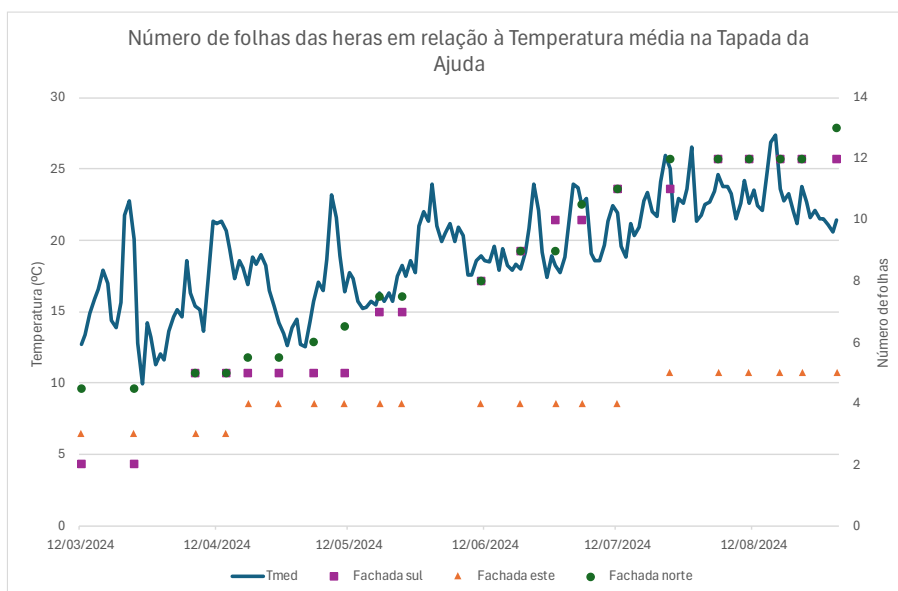


Figura 32. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de folhas das heras para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

Comparando as alturas dos feijoeiros transplantados das fachadas Norte e Sul, estes apresentaram valores superiores aos da fachada Este (Figura 33). O mesmo acontece com o número de nós, sendo a fachada Sul a que apresentou valores mais elevados (Figura 34). Contudo a fachada Norte apresentou um valor de comprimento médio dos entre nós superior às restantes fachadas (Figura 35).

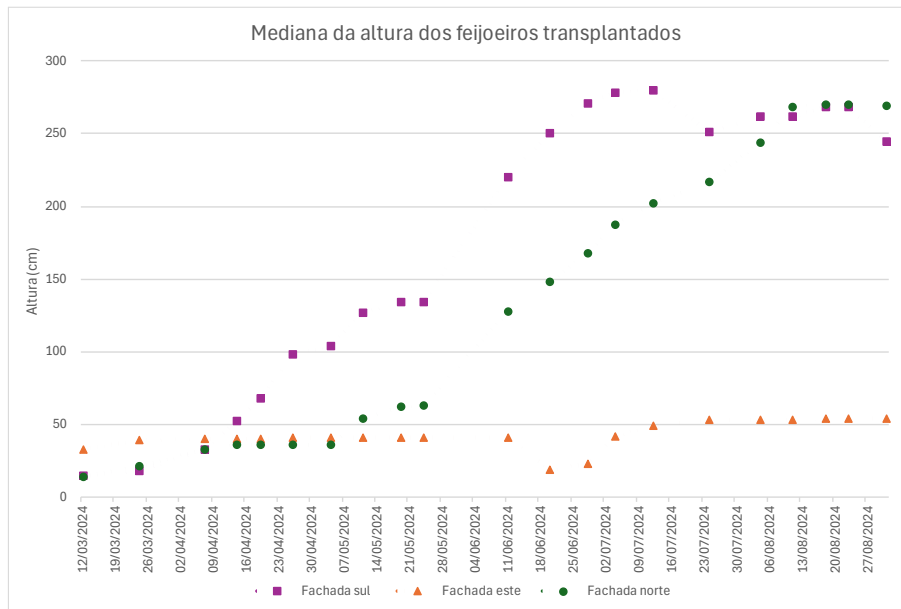


Figura 33. Comparação da altura dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.

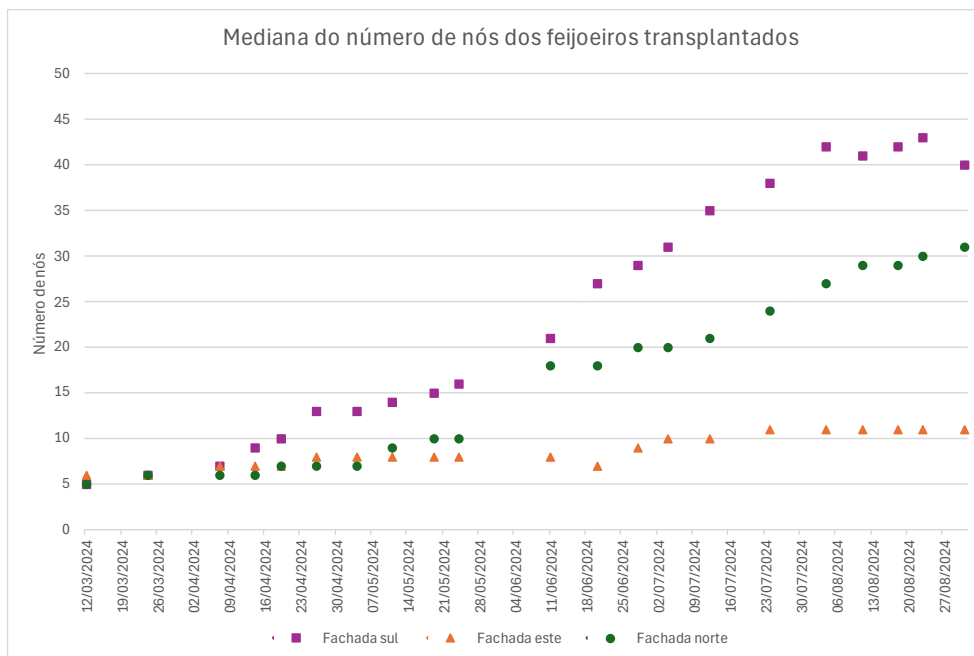


Figura 34. Comparação do número de nós dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.

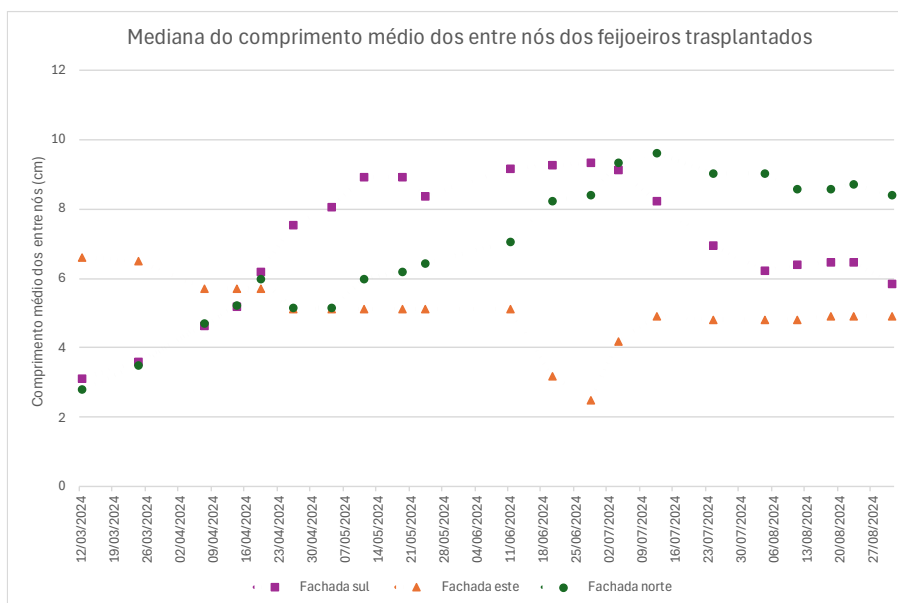


Figura 35. Comparação do comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas.

Tal como nas heras, os feijoeiros transplantados que apresentaram uma significativa evolução no seu desenvolvimento, foram os das fachadas Norte e Sul. Um valor de comprimento médio dos entre nós elevado pode indicar que os feijoeiros não apresentavam uma exposição solar adequada, e dado que não se deu grande evolução nos feijoeiros da fachada Este, a carência na exposição solar pode estar espelhada nas restantes fachadas, mesmo tendo estas maior exposição solar que a fachada Este. Nos gráficos das Figuras 36 e 37, é possível verificar que, assim como nas heras, as temperaturas médias superiores a 15 °C podem ter favorecido o crescimento dos feijoeiros transplantados. A fachada Este, como já referido, exibiu um aumento do volume de água e maior sombreamento, podendo ter influência tanto na altura como no número de nós.

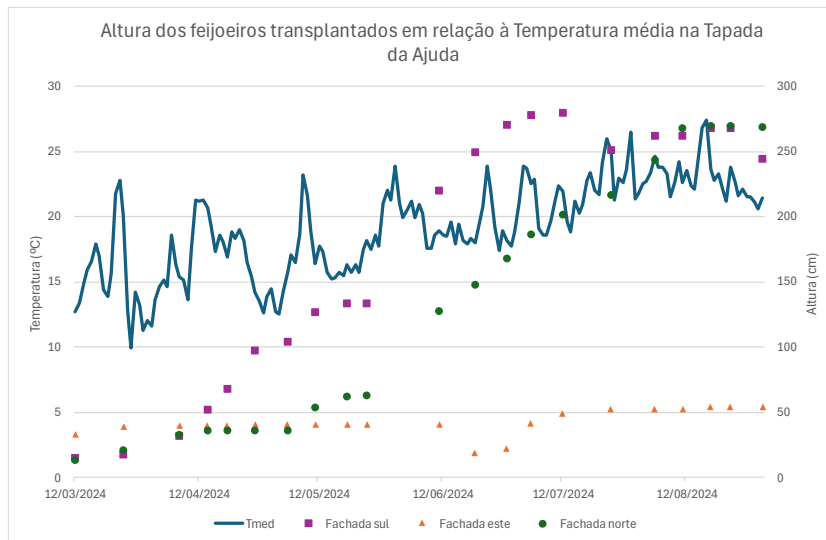


Figura 36. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura dos feijoeiros transplantados para as diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

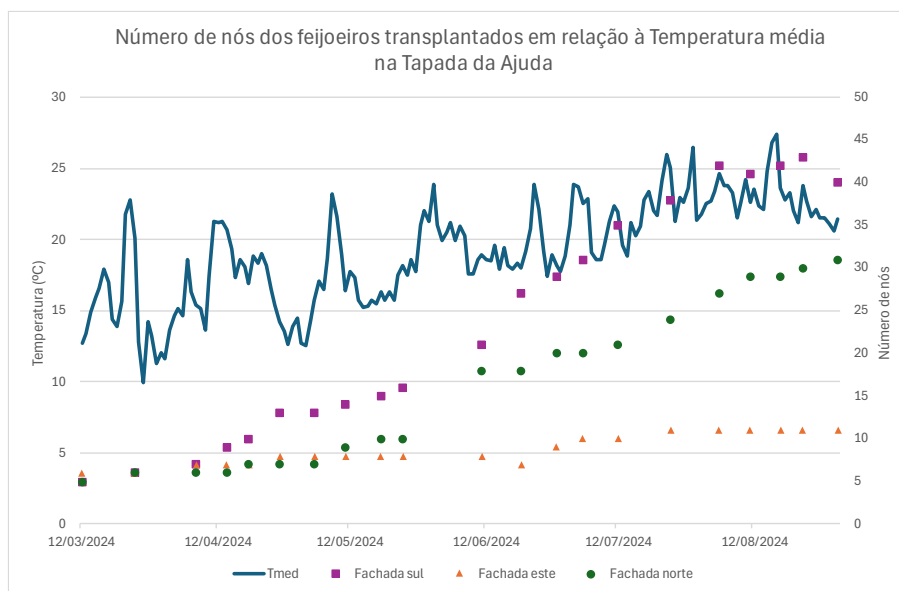


Figura 37. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de nós dos feijoeiros transplantados nas diferentes fachadas, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

Como mostram os gráficos das Figuras 38 e 39, a fachada Sul apresenta maior altura e maior número de nós nos feijoeiros semeados, e as fachadas Este e Norte não apresentam grandes diferenças entre si. O gráfico apresentado na Figura 40 mostra que a fachada sul é a que exibe um comprimento médio dos entre nós superior quando comparada com as restantes fachadas.

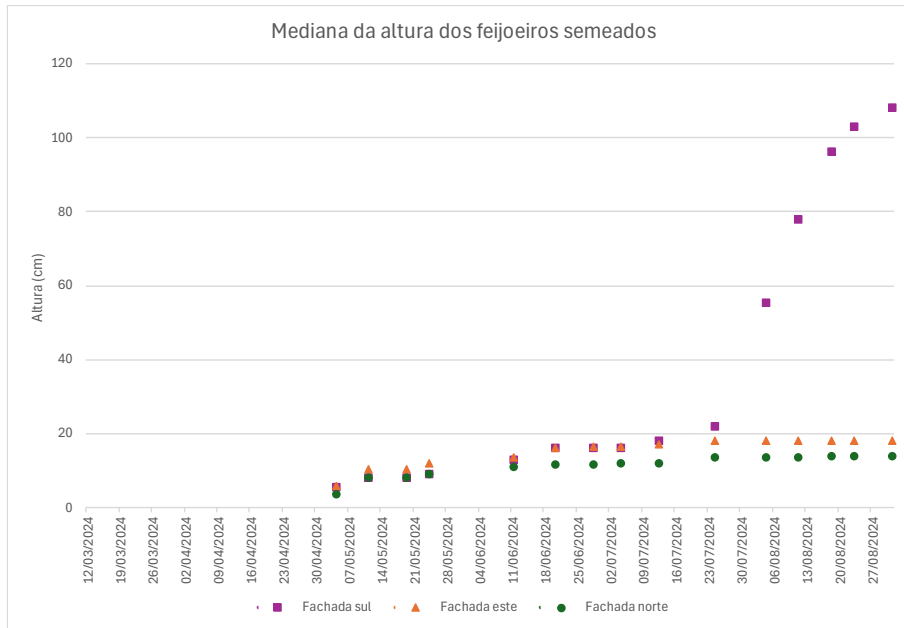


Figura 38. Comparação da altura dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas.

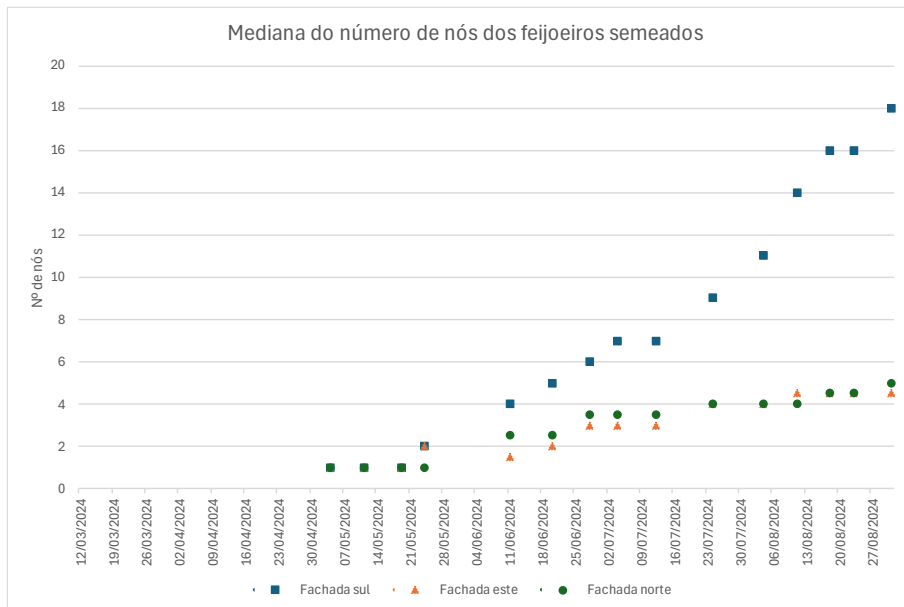


Figura 39. Comparação do número de nós dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas.

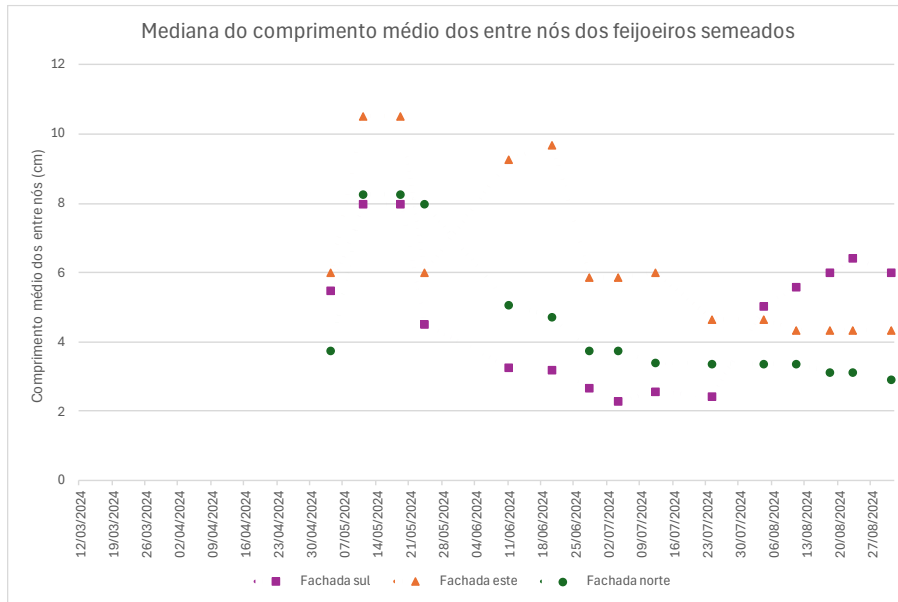


Figura 40. Comparação do comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros semeados para as diferentes fachadas.

Os feijoeiros que foram semeados na fachada Sul, apresentaram melhor desenvolvimento, em comparação com as restantes fachadas. O comprimento médio dos entre nós dos feijoeiros semeados da fachada Sul pode ser mais elevado por esta apresentar uma evolução mais notória quando comparada com as outras fachadas. Nos gráficos das Figuras 41 e 42, verifica-se que os feijoeiros semeados apresentaram maior desenvolvimento quando as temperaturas médias foram superiores a 20 °C.

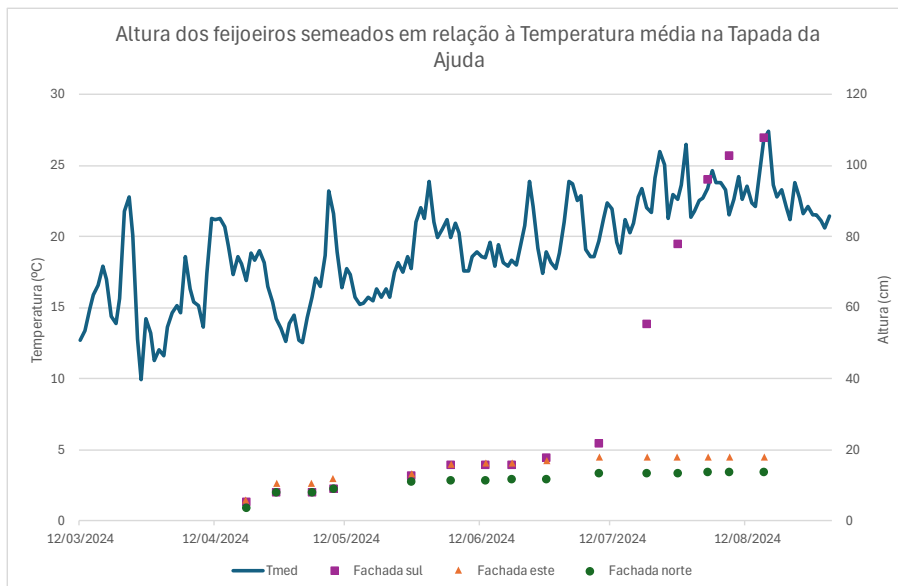


Figura 41. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana da altura dos feijoeiros semeados, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

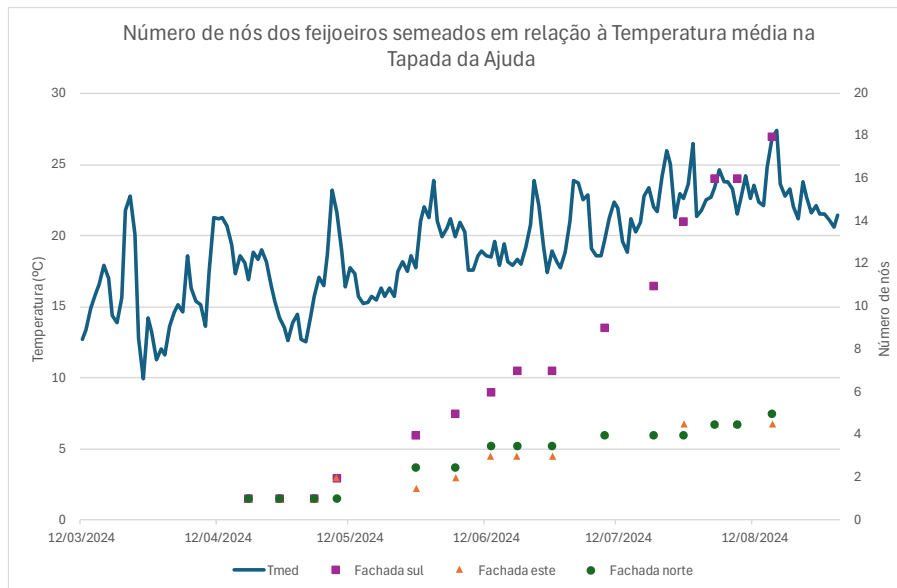


Figura 42. Relação entre a temperatura média (Tmed) e a mediana do número de nós dos feijoeiros semeados, durante o período em estudo na Tapada da Ajuda, Lisboa.

5.3. Estatística (ANOVA e Teste Tukey)

Phaseolus lunatus

Os feijoeiros transplantados apresentaram uma diferença estatisticamente significativa, para um nível de significância de 0,05, nas médias do número de nós apresentados de acordo com a orientação da fachada ($F(2,6)=13,56, p=0,01$). O teste de Tukey permitiu aferir que existem diferenças significativas entre as fachadas Norte e Este, com uma diferença média de aproximadamente 15 nós ($p=0,0486$, Intervalo de Confiança = [0,12 ; 30,55]) e entre as fachadas Sul e Este, que apresentam uma diferença média de aproximadamente 26 nós ($p=0,0047$, Intervalo de Confiança = [10,45 ; 40,88]). No entanto, não existem diferenças significativas quando comparadas as fachadas Norte e Sul ($p=0,174$). Ao contrário do que aconteceu com o número de nós dos feijoeiros transplantados, não foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa, a um nível de significância de 0,05, nas médias das alturas dos mesmos ($F(2,6)=4,79, p=0,06$). Não existe também uma diferença estatisticamente significativa, para um nível de significância de 0,05, nas médias do comprimento médio entre nós dos feijoeiros transplantados ($F(2,6)= 0,48, p=0,641$). Estes resultados permitem afirmar, com 95% de certeza, que a orientação das fachadas tem influência no número de nós, nomeadamente a fachada Este, mas que a orientação não tem influência na altura dos feijoeiros transplantados e no comprimento médio dos entre nós.

Nos feijoeiros semeados não foram realizados testes com a fachada sul, dado que não apresentava dados suficientes para se poder tirar conclusões viáveis. Foram realizados testes com as fachadas Norte e Este e encontrou-se uma diferença estatisticamente significativa, ao nível de significância de 0,05, nas médias das alturas de acordo com a orientação da fachada ($F(1,4)=8,533$, $p=0,043$). O teste de Tukey permitiu aferir que se tratava de uma diferença média de 4 cm ($p=0,0431$). Porém, não foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa, ao nível de significância de 0,05, entre as médias do número de nós dos feijoeiros semeados de acordo com a fachada ($F(1,4)=0,324$, $p=0,599$). Para um nível de significância de 0,05 não foi encontrada também uma diferença estatisticamente significativa nas médias da distancia média dos entre nós dos feijoeiros semeados ($F(1,4)=4,56$, $p=0,0997$). Podendo-se afirmar com 95% de certeza que a orientação mostrou ter influência na altura dos feijoeiros semeados, mostrando haver diferença entre as fachadas Norte e Este, mas que não apresenta influência nem no número de nós nem no comprimento médio entre estes nos feijoeiros semeados.

Hedera iberica

No caso da hera, aquando da realização dos testes, não se encontrou uma diferença estatisticamente significativa, ao nível de significância de 0,05, nas médias das alturas de acordo com a orientação da fachada ($F(2,7)=1,569$, $p=0,274$), logo pode-se afirmar, com 95% de certeza, que a orientação da fachada não tem influência na altura das heras. Assim como na altura, não foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa na média do número de folhas de acordo com a orientação da fachada ($F(2,7)=4,449$, $p=0,0567$), podendo assim confirmar, com 95% de certeza que a orientação da fachada não tem influência sobre o número de nós das heras.

6. Conclusões

As paredes verdes são relevantes para a criação de ligações verdes completando os espaços verdes já existentes, contribuindo para a sustentabilidade da paisagem. Dado que existem vários tipos de paredes verdes e, cada um com a sua especificidade, relativamente ao nível estrutural, complexidade técnica e forma de instalação, não é fácil encontrar o ideal para os diferentes nichos paisagísticos existentes nesta paisagem urbana. Devido às alterações climáticas, o fator climático é apontado como o principal obstáculo ao sucesso das paredes verdes na região de Lisboa, sendo a precipitação algo a ser considerada quando se planeia uma parede verde.

Neste trabalho, em que se estudou a adaptação de duas espécies de plantas trepadeiras para o desenvolvimento de uma solução técnica de fachada verde sustentável, constatou-se que:

1. Apesar das análises estatísticas demonstrarem que, em grande parte dos casos, a orientação das fachadas não influenciou o crescimento das espécies plantadas houve maior destaque para as fachadas Sul e Norte. Nestas, o nível de sombreamento foi menor e, durante o período de chuva, a fachada Este recebeu maior volume de água relativamente às outras duas, podendo estas características ter tido influência no crescimento das duas espécies plantadas. Registaram-se diferenças significativas na altura das plantas entre os feijoeiros semeados das fachadas Norte e Este e também relativamente ao número de nós entre os feijoeiros transplantados entre as fachadas Norte e Sul e a fachada Este. No entanto, o reduzido número de repetições, nas análises estatísticas pode levar a um erro experimental diminuindo a precisão das estimativas.
2. O consumo total de água, durante o período em estudo foi de 805 mm, sendo 412 mm provenientes da precipitação e os restantes 393 mm provenientes das regas complementares que, foram realizadas, durante os períodos de seca na fase de adaptação das espécies. Na fachada Este o volume acresce 2064 mm devido à inclinação da cobertura do edifício, demonstrando não se tornar benéfico para o crescimento de ambas as espécies. Dado que é um sistema que será mantido em sequeiro, a necessidade de, numa fase inicial, fornecer regas complementares é de extrema importância para uma melhor adaptação das espécies plantadas.
3. No caso deste sistema que tem por base placas em cortiça, numa primeira fase, a existência de guias é importante para que o feijoeiro tenha um suporte inicial, uma

vez que a espécie ornamental escolhida tem um crescimento mais lento e não será capaz de suportar o feijoeiro. A alternativa seria semear ou transplantar os feijoeiros quando as heras estivessem numa fase adulta, fazendo de suporte aos mesmos.

4. Será necessário continuar a acompanhar o desenvolvimento destas plantas nos próximos anos, para se poder avaliar a adequação tanto das espécies vegetais quanto dos materiais de suporte, uma vez que a espécie ornamental não chegou aos painéis e, por ainda estarem numa fase de adaptação, os feijoeiros apresentaram-se com valores de desenvolvimento fracos. Estes resultados não mostram a inaptidão de ambas as espécies, mas sim a necessidade de maior desenvolvimento para que se mostrem resultados mais conclusivos para se poder afirmar que será uma solução viável de um sistema de fachada verde indireta sustentável.

7. Referências Bibliográficas

- Ackerfield, Jennifer, e J Wen. 2002. «A morphometric analysis of Hedera L.(the ivy genus, Araliaceae) and its taxonomic implications». *Adansonia* 24(2): 197–212.
<http://www.mnhn.fr/publication/adanson/a02n2a6.pdf>.
- Adebo, Janet Adeyinka. 2023. «A Review on the Potential Food Application of Lima Beans (Phaseolus lunatus L.), an Underutilized Crop». *Applied Sciences* 13(3): 1996.
- Amorim Cork Insulation. 2023. «MD Fachada Materiais naturais para soluções técnicas». https://www.amorimcorkinsulation.com/xms/files/FICHAS_TECNICAS_23/FT_MDFACHA_DA_PT_2023.pdf (9 de Agosto de 2024).
- Baik, Jong Jin, Kyung Hwan Kwak, Seung Bu Park, e Young Hee Ryu. 2012. «Effects of building roof greening on air quality in street canyons». *Atmospheric Environment* 61: 48–55.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.06.076>.
- Barreca, F, e C R Fichera. 2016. «Thermal insulation performance assessment of agglomerated cork boards». *Wood and Fiber Science* 48(2): 96–103.
- Baudoin, J.P. 1993. «Lima bean». Em *Genetic Improvement of Vegetable Crops*, eds. G. Kalloo e B. O. Bergh. Elsevier, 391–403.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978008040826250031X>.
- Beckett, K. P., P. H. Freer-Smith, e G. Taylor. 1998. «Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution». *Environmental Pollution* 99: 347–60.
- Besir, Ahmet B., e Erdem Cuce. 2018. «Green roofs and facades: A comprehensive review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82: 915–39.
- Bevans, Rebecca. 2020. «One-way ANOVA | When and How to Use It (With Examples)». *Scribbr*.
<https://www.scribbr.com/statistics/one-way-anova/> (10 de Outubro de 2024).
- Biddle, Giles. 2001. «Tree Root Damage to Buildings». Em *Expansive Clay Soils and Vegetative Influence on Shallow Foundations*, , 1–23.
- Blunt, Stephen M. 2008. «Trees and pavements—are they compatible?» *Arboricultural Journal* 31(2): 73–80.
- Bolton, C., M. A. Rahman, D. Armson, e A. R. Ennos. 2014. «Effectiveness of an ivy covering at insulating a building against the cold in Manchester, U.K: A preliminary investigation».

- Building and Environment* 80: 32–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.020>.
- Brundtland, Gro Harlem. 1987. United Nations General Assembly document A/42/427 *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Geneva.
- Brunken, U. et al. 2008. «West African plants - A Photo Guide». www.westafricanplants.senckenberg.de (28 de Agosto de 2024).
- Dempsey, Nicola, Glen Bramley, Sinéad Power, e Caroline Brown. 2011. «The Social Dimension of Sustainable Development: Defining Urban Social Sustainability». *Sustainable Development* 19: 289–300.
- Ecotelhado. 2025. «Brise Trepadeira». <https://ecotelhado.com/sistema/brise-trepadeira/> (18 de Janeiro de 2025).
- EPA. 2023. «Heat Islands Effect». <https://www.epa.gov/heatislands> (10 de Julho de 2024).
- Ferreira, Joseane Silva, Auta da Silva Oliveira, e Djail Santos. 2022. «Respostas Fisiológicas de *Phaseolus lunatus* L. cultivada em sequeiro no Brejo Paraibano». *Meio Ambiente* 4(4).
- Forest Service, USDA. 2024. «Native Gardening». https://www.fs.usda.gov/wildflowers/Native_Plant_Materials/Native_Gardening/index.shtml (2 de Agosto de 2024).
- Fresco, Louise O, e Salomon B Kroonenberg. 1992. «Time and spatial scales in ecological sustainability». *Land Use Policy* 9(3): 155–68. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0264837792900404>.
- Frydman, Valerie M., e P. F. Wareing. 1973. «Phase change in *Hedera helix* L: I. Gibberellin-like substances in the two growth phases». *Journal of Experimental Botany* 24(6): 1131–38.
- Ghazalli, Aini Jasmin, Cris Brack, Xuemei Bai, e Ismail Said. 2019. «Physical and Non-Physical Benefits of Vertical Greenery Systems: A Review». *Journal of Urban Technology* 26(4): 53–78. <https://doi.org/10.1080/10630732.2019.1637694>.
- Green, Adam F., Tara S. Ramsey, e Justin Ramsey. 2011. «Phylogeny and biogeography of ivies (*Hedera* spp., Araliaceae), a polyploid complex of woody vines». *Systematic Botany* 36(4): 1114–27.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. 2024. «Normais Climatológicas».

- <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> (6 de Agosto de 2024).
- Jayasooriya, V. M., A. W.M. Ng, S. Muthukumaran, e B. J.C. Perera. 2017. «Green infrastructure practices for improvement of urban air quality». *Urban Forestry and Urban Greening* 21: 34–47.
- Knight, Teri et al. 2021. «How effective is ‘greening’ of urban areas in reducing human exposure to ground-level ozone concentrations, UV exposure and the ‘urban heat island effect’? An updated systematic review». *Environmental Evidence* 10: 12.
<https://doi.org/10.1186/s13750-021-00226-y>.
- Köhler, Manfred. 2008. «Green facades-a view back and some visions». *Urban Ecosystems* 11: 423–36.
- Löhmus, Mare, e John Balbus. 2015. «Making green infrastructure healthier infrastructure». *Infection Ecology & Epidemiology* 5(1): 30082.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/iee.v5.30082>.
- Manso, Maria, e João Castro-Gomes. 2015. «Green wall systems: A review of their characteristics». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 863–71.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>.
- Marando, Federica et al. 2022. «Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas». *Sustainable Cities and Society* 77: 103564.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564>.
- Meerow, Sara, e Joshua P. Newell. 2017. «Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit». *Landscape and Urban Planning* 159: 62–75.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005>.
- Mekala, Gayathri Devi, Roger N Jones, e Darla Hatton. 2015. «Valuing the Benefits of Creek Rehabilitation : Building a Business Case for Public Investments in Urban Green Infrastructure». *Environmental Management* 55: 1354–65.
- Nwokolo, E. 1996. «Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.)». Em *Food and Feed from Legumes and Oilseeds*, eds. E. Nwokolo e J. Smartt. New York: Springer New York, 144–58.
- Ottelé, Marc et al. 2011. «Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems». *Energy and Buildings* 43(12): 3419–29.
- Parker, Jackie, e Maria Elena Zingoni de Baro. 2019. «Green infrastructure in the urban

- environment: A systematic quantitative review». *Sustainability (Switzerland)* 11(11): 3182.
- Perini, Katia et al. 2011. «Greening the building envelope , façade greening and living wall systems». *Open Journal of Ecology* 1(1): 1–8.
- Público. 2019. «Portugal está entre os piores países da Europa na pobreza Energética». <https://www.publico.pt/2019/02/20/sociedade/noticia/portugal-piores-paises-europa-pobreza-energetica-1862642> (3 de Julho de 2024).
- Ragheb, Amany, Hisham El-shimy, e Ghada Ragheb. 2016. «Green Architecture: A Concept of Sustainability». *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216: 778–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.075>.
- Santamouris, M. 2014. «Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments». *Solar Energy* 103: 682–703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>.
- Seidu, Kudirat Titilope, Oluwatooyin Faramade Osundahunsi, Mary Tolulope Olaleye, e Isaac Babatunde Oluwalana. 2015. «Amino acid composition, mineral contents and protein solubility of some lima bean (*Phaseolus lunatus* L. Walp) seeds coat». *Food Research International* 73: 130–34. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996915001398>.
- Sieghardt, Monika et al. 2005. «The Abiotic Urban Environment: Impact of Urban Growing Conditions on Urban Vegetation.» Em *Urban Forests and Trees*, eds. Cecil Konijnendijk, Kjell Nilsson, Thomas Randrup, e Jasper Schipperijn. Heidelberg: Springer Berlin, 282–323.
- Small, Ernest. 2019. «58. Ivy (*Hedera* species)–virtues and vices of the world’s most popular ornamental vine». *Biodiversity* 20(1): 62–74. <https://doi.org/10.1080/14888386.2018.1524790>.
- Souza, Tiago Pinho. 2018. «Caracterização agronômica e cultivo consorciado de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)». Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Spangenberg, Joachim H. 2005. «Economic sustainability of the economy : concepts and indicators». *International Journal of Sustainable Development* 8(1–2): 47–64.
- Stigsdotter, Ulrika A., e Patrik Grahn. 2004. «A Garden at Your Doorstep May Reduce Stress – Private Gardens as Restorative Environments in the City». Em *Proceedings Open Space-*

People Space, Edinburgh.

TERRACELL. 2016. «Jardim Vertical de Campolide». <https://terracell.pt/projeto/jardim-vertical-de-campolide/> (18 de Janeiro de 2024).

Trenberth, Kevin E. 2011. «Changes in precipitation with climate change». *Climate Research* 47: 123–38.

UN DESA. 2018. «World Urbanization Prospects: The 2018 Revision». <https://www.un.org/en/desa/2018-revision-world-urbanization-prospects> (30 de Julho de 2024).

Valcárcel, Virginia, e Pablo Vargas. 2010. «Quantitative Morphology and Species Delimitation Under the General Lineage Concept: Optimization for Hedera (Araliaceae)». *American Journal of Botany* 97(9): 1555–73.

Vijayaraghavan, K. 2016. «Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57: 740–52.

Wong, Nyuk Hien, Chun Liang Tan, Dionysia Denia Kolokotsa, e Hideki Takebayashi. 2021. «Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat». *Nature Reviews Earth & Environment* 2(March): 166–81. <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-020-00129-5>.

Zhang, Xinyu, Kexin Jiao, Jianliang Zhang, e Ziyu Guo. 2021. «A review on low carbon emissions projects of steel industry in the World». *Journal of Cleaner Production* 306: 127259. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127259>.

Anexo

Análise estatística ANOVA e Teste Tukey

Na análise estatística ANOVA, a cor verde simboliza a existência de influência do fator fachada (orientação da mesma), isto é, quando os valores são superiores ao F crítico, e o vermelho a ausência de influência deste mesmo fator, isto quando os valores não são superiores ao F crítico. Nos testes de Tukey, que foram realizados para todos os casos em que houve influência, se apresentar verde significa que as médias dos grupos são estatisticamente diferentes, logo as fachadas diferem, caso contrário apresentar-se-á vermelho.

Feijoeiros transplantados (*Phaseolus lunatus*):

- Altura

Fachada	Variação da Altura		
sul	230	194,5	245
este	152	8	27,5
norte	238	100	255

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
sul	3	669,50	223,17	672,58
este	3	187,50	62,50	6102,75
norte	3	593,00	197,67	7226,33

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	44734,06	2	22367,03	4,79	0,06	5,14
Dentro de grupos	28003,33	6	4667,22			
Total	72737,39	8				

- Nº de Nós

Fachada	Variação da Nº de nós		
sul	38	35	27
este	15	3	5
norte	26	16	27

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
sul	3	100,00	33,33	32,33
este	3	23,00	7,67	41,33
norte	3	69,00	23,00	37,00

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	1000,67	2	500,33	13,56	0,01	5,14
Dentro de grupos	221,33	6	36,89			
Total	1222,00	8				

TESTE DE TUKEY				
FACHADA	Diff	Lwr	upr	p adj
NORTE - ESTE	15,33	0,12	30,55	0,04856
SUL - ESTE	25,67	10,45	40,88	0,00496
SUL - NORTE	10,33	-4,88	25,54	0,17355

- Comprimento médio dos entre nós

Fachada	Comprimento médio dos entre nós		
sul	5,83	5,25	7,95
este	9,5	2,14	4,91
norte	8,71	5,45	8,41

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
sul	3	19,03	6,34	2,02
este	3	16,55	5,52	13,82
norte	3	22,57	7,52	3,25

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	
Entre grupos	6,1024889	2	3,051	0,48	0,62	
Dentro de grupos	38,1702	6	6,362			
Total	44,272689	8				

Feijoeiros semeados (*Phaseolus lunatus*):

- Altura

Fachada	Variação da Altura			
este	20	16		
norte	15	14	14	13

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
este	2	36	18	8
norte	4	56	14	0,666667

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	21,33	1	21,33333	8,53	0,0432	7,708647422
Dentro de grupos	10	4	2,5			
Total	31,33333	5				

TESTE DE TUKEY				
FACHADA	Diff	Lwr	upr	p adj
NORTE - ESTE	-4,00	-7,80	-0,20	0,0432

- N° de nós

Fachada	Variação do N° de nós			
este	6	3		
norte	5	7	5	4

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
este	2	9	4,5	4,5
norte	4	21	5,25	1,583333

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	0,75	1	0,75	0,32	0,599478	7,708647422
Dentro de grupos	9,25	4	2,3125			
Total	10	5				

- Comprimento médio dos entre nós

Fachada	Comprimento médio dos entre nós			
este	3,33	5,33		
norte	3	2	2,8	3,25

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
este	2	8,66	4,33	2
norte	4	11,05	2,7625	0,292292

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	3,276075	1	3,276075	4,56	0,099729542	7,708647422
Dentro de grupos	2,876875	4	0,71921875			
Total	6,15295	5				

Heras (*Hedera iberica*):

- Altura

Fachada	Variação da Altura			
sul	7	3	19	
este	4,5	3,5	4	
norte	5,5	15,5	8,5	22

SUMÁRIO				
Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
sul	3	29	9,666667	69,333333
este	3	12	4	0,25
norte	4	51,5	12,875	54,5625

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Entre grupos	135,8	2	67,89	1,569	0,274	4,74
Dentro de grupos	302,9	7	43,26			
Total	438,6	9				

- N° de folhas

Fachada	Variação do N° de Folhas			
sul	10	8	11	
este	2	4	3	
norte	7	11	6	17

SUMÁRIO				
<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
sul	3	29	9,666667	2,333333
este	3	9	3	1
norte	4	41	10,25	24,91667

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	103,5	2	51,74	4,449	0,0567	4,74
Dentro de grupos	81,4	7	11,63			
Total	184,9	9				