



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Márcio Alexandre Alberto

**Produção agrícola sobre as coberturas das edificações no espaço urbano e
as possibilidades de impacto na segurança hídrica**

Rio de Janeiro

2017

Márcio Alexandre Alberto

Produção agrícola sobre as coberturas das edificações no espaço urbano e as possibilidades de impacto na segurança hídrica

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Recursos Hídricos.



Orientadora: Prof. Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.

Coorientador: Prof. Dr. Wellington Mary

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A333 Alberto, Márcio Alexandre.
Produção agrícola sobre as coberturas das edificações no espaço urbano e as possibilidades de impacto na segurança hídrica / Márcio Alexandre Alberto. – 2017.
207f.

Orientador: Luciene Pimentel da Silva.
Coorientador: Wellington Mary
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental - Teses. 2. Agricultura - Teses. 3. Geografia urbana - Teses. 4. Sustentabilidade - Teses. 5. Água - Uso - Teses. I. Silva, Luciene Pimentel da. II. Mary, Wellington. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 62:502.12

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Márcio Alexandre Alberto

Produção agrícola sobre as coberturas das edificações no espaço urbano e as possibilidades de impacto na segurança hídrica

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Recursos Hídricos.

Aprovada em 14 de Setembro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof.^a Luciene Pimentel da Silva, Ph.D. (Orientadora)

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Wellington Mary (Coorientador)

Faculdade de Arquitetura - UFRRJ

Prof.^a. Dra. Jéssica da Silva Alves de Pinho

Instituto de Química - UERJ

Prof. Dr. Júlio César da Silva

Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dra. Juliana Arruda

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Rio de Janeiro

2017

DEDICATÓRIA

Ao Dr. Ismael Gripp (*in memoriam*). Um dia me pediu para não temer e que lhe estendesse a mão. Juntos, atravessamos a via. Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Orlando Alberto e Vera Lúcia Domingues Alberto, por uma vida dedicada à família. Renunciaram tanto em prol da felicidade dos filhos. Meu reconhecimento e eterna admiração. Aos meus antepassados, vivos nos meus genes e na minha memória.

À minha irmã Lúcia Helena Alberto Garrido, Luiz e Rodrigo, pelo amor incondicional.

À minha esposa Lília e nossa filha Anna Penélope, meu presente e futuro.

À minha Orientadora, Professora Luciene Pimentel da Silva Ph.D., pelo carinho e extremo zelo com os quais me conduziu pelos caminhos da Ciência.

Ao meu Coorientador Professor Dr. Wellington Mary e ao Eng Agr. Bruno Rossafa, generosos e abnegados colaboradores da UFRRJ.

Ao meu Orientador de Iniciação Científica e grande responsável pelo meu desenvolvimento profissional, Professor Catedrático Cyro Paulino da Costa, da ESALQ/USP, minha eterna amizade.

Aos queridos Professores Drs Jéssica de Pinho, Wenceslau Teixeira e Lília Zago pelo dimensionamento dos experimentos e ajuda com as análises estatísticas.

À Universidade, ao PEAMB, meus mestres e companheiros de curso (representados aqui pela Dayana e Marlon), pela oportunidade do aprendizado.

Ao Eng. Wagner Accioly da Silva, à Arquiteta Cláudia Nascimento, ao Eng. Wilker e à graduanda Beatriz Carneiro, por estarem conosco no campo (aliás, na laje) experimental.

Ao CEASA Campinas e CEAGESP e “aos amigos que lá deixei...”

Aos “paitrocinadores” e irmãos de Holambra (SP) e Jaguariúna (SP): casal de Engs Agrs Gláucia de Andrade e Marcos Scatolini da AGROLINK. Johnny Kortstee da ISIDORUS FLORES, Hélio Hosikawa da IRMÃOS HOSIKAWA e Eduardo Catão da FRUTAS CATÃO pelo apoio técnico, emocional e material ofertado. Valeu pessoal !

Ao Eng. Agr., produtor e irmão “japonês” Edson Tetsuo Okamoto (Mairinque (SP)), pela ajuda no desenvolvimento do sistema de irrigação.

Ao Eng. Agr. Vítor Betin Cicolin, da Horticitrus (Cordeirópolis (SP), pelo manejo de mudas de alface. Ao Eng Agr. Miguel Ianonne Jr e equipe da AMAFIBRA. Ao Eng. Agr. João Cano Jr (PÓLEN-Chapadão do Sul-MS), ao Eng Agr. Kunio Nagai (consultor) e ao Eng. Agr. e produtor de alfaces em Barretos (SP) – Francisco Muzetti Neto pela prontidão em identificar as pragas e doenças que acometeram a cultura. Ao Eng. Agr. Michel Henrique Reis

dos Santos (BUNGE USA) pelas conversas sobre sustentabilidade. Ao Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira, da Federal de Uberlândia, pelas análises nutricionais das plantas. Excelentes profissionais e irmãos da mesma República. A parte de vocês pagarei em moeda de grande liquidez.

Aos Professores da *Università Degli Studi Bari "Aldo Moro"*, Dott. Evelia Scatinni, Dott. Giuliano Vox, Dott Giacomo Mugnosa, Dott Ileana Blanco e Dott Enrico Liano meu muitíssimo obrigado por me tornar um profissional melhor. A tantos outros amigos que deixamos na Puglia, muito obrigado por tantos gestos de afeição e amizade conosco. Aos meus Padrinhos Italianos Rosa e Antonio nossa eterna gratidão e saudades. Um agradecimento em especial à Marcella Rittore e Marco de Milão e Cristina Sette e Giovanni de Roma. *Grazie mille !*

A tantos outros amigos da República Copacabana de Piracicaba (SP), aos amigos do Instituto Educacional "Matheus Maylasky" em Sorocaba (SP), onde aprendi as primeiras letras, à comunidade da Escola Municipal "Dr. Getúlio Vargas", à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", responsável por todas as portas abertas em meu caminho e a tantas pessoas que o tornaram mais fácil. Uma recordação especial às amizades da África do Sul, aos que por lá ficaram e aos muitos que continuam girando o mundo. Saúde e paz !

Ao CNPq e à FINEP pelo apoio financeiro ao Projeto HIDROCIDADES.

À Vera Lúcia Ribeiro e à Aparecida Giuldin Dal'Bó pelo suporte à vida. Os segredos da cozinha e amor com nossa "bambolina" nem o mais capacitado cientista pode desvendar ou mensurar. À Profa. Cássia Regina Nascimento e à Célia Grillo Navarro minha gratidão por anos de dedicação e amizade.

Finalmente um obrigado ao amigo sênior (quase centenário!) da família- Sr Fausto Santos de Sorocaba (SP), minha querida terra natal. Sem suas orações diárias a inspiração não teria aparecido, a técnica mais avançada não teria funcionado.

O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.

João Guimarães Rosa
(*Grande sertão: veredas*)

RESUMO

ALBERTO, M. A. *Produção agrícola sobre as coberturas das edificações no espaço urbano e as possibilidades de impacto na segurança hídrica*. 2017. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

O desenvolvimento urbano nem sempre tem se dado de forma sustentável. Entre os problemas associados à urbanização e aos recursos hídricos destacam-se o aumento do consumo de água, o aumento do volume de efluentes e o aumento das áreas impermeáveis. Neste sentido, tem sido bastante discutido na literatura o desenvolvimento urbano de baixo impacto, que envolve práticas chamadas de infraestruturas verdes, como os telhados verdes (TV). Os TV, além de contribuírem com a retenção das águas pluviais e controle de enchentes, têm outros impactos e permitem a prática da agricultura urbana. Por sua vez, a agricultura urbana tem impacto no aumento da segurança alimentar, na geração de trabalho e renda, e também na redução da queima de combustíveis fósseis, já que fica reduzida a distância entre o produtor e o mercado consumidor. Apesar desses benefícios, a introdução e subsistência de vegetação nos telhados, sobretudo para agricultura, pode implicar em maior consumo de água e também na geração de efluentes ricos em nutrientes. Recentemente, as Regiões Sudeste e Nordeste do Brasil vivenciaram uma condição grave de escassez hídrica. Observa-se também a preocupação em todo mundo com os impactos das mudanças climáticas e seus rebatimentos na oferta e disponibilidade hídrica. O principal objetivo da pesquisa foi a avaliação da eficiência e do consumo de água em um sistema produtivo de baixo custo para a prática da agricultura urbana em telhados. A pesquisa, de características experimentais *in situ*, foi desenvolvida nas lajes do quinto pavimento do edifício Reitor Haroldo Lisboa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Campus Maracanã). Foram testados diferentes arranjos produtivos sobre telhas de fibrocimento e laje. A espécie escolhida foi a alface (*Lactuca sativa*) crespa “Amanda”, que foi cultivada de maneira adensada em diferentes arranjos produtivos. A avaliação da eficiência dos arranjos produtivos se deu a partir de parâmetros como a massa fresca total (MFT) e comercial (MFC) e diâmetro do caule, submetidos ao tratamento estatístico “F” de ANOVA e teste de *Tukey-Kramer*. Além disso, foram analisados espaçamento, peso, custo dos materiais envolvidos e consumo de água. Nos três ciclos desenvolvidos obteve-se produtividade de até 6,5 Kg de massa fresca comercial por m², com média de 138,6 g por planta (arranjo produtivo B). As características das plantas produzidas atendem a padrões comerciais e possibilidades de retorno econômico. Os produtos dessa Dissertação (os arranjos produtivos) se mostraram leves, adequados para as telhas, e com baixo custo. Mostraram-se tão eficientes ao uso da água quanto sistemas convencionais de produção no campo. O estudo abre um leque para novas pesquisas sobre outras espécies olerícolas adaptadas, qualidade microbiológica e toxicológica dos produtos produzidos, captação e reuso de água de chuva, redução do consumo de energia para climatização dos ambientes internos, fechamento do “circuito abastecimento-drenagem” com coleta e tratamento do efluente, redução de *runoff* e rebatimentos no controle das enchentes urbanas.

Palavras-chave: Agricultura urbana; Telhados verdes; Segurança hídrica; LID; Alface; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

ALBERTO, M. A. *Exploring the production capacity of urban agriculture in rooftops and the potential impact on water security*. 2017. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

The urban development has not always been in the ways of sustainability. Among the problems associated with urbanization and water resources are the increase in water consumption, the increase in the volume of effluents and the increase of impermeable areas. The latter may contribute to an increase in the occurrence of floods. In this sense, there has been much discussion in the literature about Low Impact Urban Development (LID), involving practices called green infrastructures, such as green roofs (GR). GRs, in addition to contributing to rainwater retention and flood control, have other impacts and allow the practice of urban agriculture. In turn, urban agriculture has an impact on increasing food security, generating jobs and income, as well as reducing the burning of fossil fuels, since the distance between the producer and the consumer market is reduced. Despite these benefits, the introduction and subsistence of vegetation on roofs, especially for agriculture, may imply higher water consumption and also the generation of nutrient-rich effluents. Recently, the Southeast and Northeast Regions of Brazil experienced a severe water shortage. There is also concern worldwide about the impacts of climate change and its repercussions on water security. The main objective of this research was the evaluation of the efficiency and the water consumption in a productive system of low cost, for the practice of the urban agriculture in rooftops. The research, with *in situ* experimental characteristics, was developed in the rooftop of the fifth floor Rector Haroldo Lisboa building of the State University of Rio de Janeiro (Maracanã Campus). Different productive arrangements were tested on fiber cement tiles. The selected species was the "Brazilian Amanda" green-leaf lettuce (*Lactuca sativa*), which was cultivated in a different way in different productive arrangements. For the evaluation of the efficiency of the productive arrangements, the total fresh mass and stem diameter were evaluated, submitted to the statistical treatment "F" of ANOVA and Tukey-Kramer test. In addition, space, weight, cost of materials involved and water consumption were analyzed. In the three cycles developed and in all treatments it was obtained good productivity of plants with characteristics that meet commercial standards and possibilities of economic return. The sets were lightweight, suitable for the tiles, and at low cost. The quantities of water applied for the production of a unit of fresh lettuce mass were lower than those practiced in other production systems and advantageous from the standpoint of the lettuce water footprint. The study opens a range of new researches on other adapted vegetable species, microbiological and toxicological quality of the products produced, rainwater harvesting, reduction of energy consumption, closure of the "water supply-drainage circuit" with effluent collection and treatment, reduction of runoff and flood control in urban catchments.

Keywords: Urban agriculture; Green roof; Water Security; LID; Lettuce; Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Impactos da urbanização no ciclo hidrológico	24
Figura 2-	Múltiplas tipologias de Agricultura Urbana, baseada nos solos ou em ambientes construídos	32
Figura 3-	Hortas urbanas comerciais ao longo da Via Light – Rio de Janeiro.....	36
Figura 4-	Cultivo de alfaces em telhado de edificação pré-existente na Escola Municipal Teófilo Moreira da Costa, Vargem Grande, Rio de Janeiro....	37
Figura 5-	As camadas constituintes dos telhados verdes.....	40
Figura 6-	Resposta do escoamento das águas de chuva (atraso e diminuição do pico de <i>runoff</i>); processos hidrológicos no telhado verde.....	45
Figura 7-	Balanco diário de energia: comparação entre um telhado vegetado e outro não vegetado.....	46
Figura 8-	Evapotranspiração de referência (ET_0); Coeficiente da Cultura (K_C) e Evapotranspiração da cultura (ET_C).....	59
Figura 9 -	Representação clássica dos coeficientes de cultura segundo desenvolvimento fenológico de uma cultura.....	60
Figura 10-	Coeficiente de cultura (K_C) para a cultura da alface crespa Verônica, em duas épocas do ano. Pato Branco –PR.....	61
Figura 11-	Sistemas de produção de alface (Convencional, Protegido em canteiros, Hidroponia NFT e “ <i>Floating</i> ”).....	63
Figura 12-	Localização do experimento no Campus Maracanã da UERJ (Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha).....	77
Figura 13-	Croqui do arranjo produtivo Vasos.....	79
Figura 14-	Arranjo produtivo “Vasos” sobre laje na cobertura do Edifício Reitor Haroldo Lisboa/UERJ.....	80
Figura 15-	Preparação das bancadas experimentais para suporte dos arranjos A e B...	81
Figura 16-	Croqui do desenho experimental.....	81
Figura 17-	Engarrafadora de água de coco no Rio de Janeiro e a fibra disposta como resíduo do processo produtivo.....	84
Figura 18-	Isolamento das telhas da cobertura morta de fibra de coco verde por filme plástico de alta resistência mecânica.....	84

Figura 19-	Calhas de Cultivo (CA) com diferentes diâmetros - Arranjos A e B.....	86
Figura 20-	Substrato, preenchimento dos CA e controle do peso antes do plantio.....	87
Figura 21-	Croqui do sistema de irrigação do arranjo produtivo A.....	90
Figura 22-	Microtubos gotejadores inseridos na linha de derivação.....	90
Figura 23-	Conjunto de reservatórios independentes, detalhe do hidrômetro e bomba de irrigação.....	91
Figura 24-	Fixação dos microtubos nos CA através de hastes plásticas.....	93
Figura 25-	Válvula solenoide, necessária na linha adutora do tratamento “Vasos”.....	94
Figura 26-	Condutivímetro e coleta de efluentes nos tratamentos Vasos e A para controle da condutividade elétrica.....	95
Figura 27-	Acionador automático de baixo custo da irrigação.....	96
Figura 28-	Aspecto geral do experimento implantado.....	96
Figura 29-	Aspecto do desenvolvimento vegetativo semanal (7, 14, 21 e 28 dias após transplante das mudas-DAT) durante Ciclo II.....	108
Figura 30-	Aspectos das mudas de alface crespa Amanda com 28 dias após semeadura (a) e as mesmas mudas após 31 dias após transplante, quando foram colhidas (ciclo II) (b).....	109
Figura 31-	Diferença entre os desenvolvimentos das plantas no Tratamento A e B durante o Ciclo II.....	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Sistemas de produção da agricultura urbana e periurbana.....	30
Quadro 2-	Características dos telhados Intensivos e Extensivos.....	43
Quadro 3-	Distribuição dos trabalhos nacionais sobre telhados verdes (2000 a 2015) segundo áreas de interesse descritas por Blank <i>et al.</i> (2013).....	49
Quadro 4-	Compilação dos Métodos e Resultados dos experimentos referentes à alface irrigada	65
Quadro 5-	Resumo das produtividades (Kg.m ⁻²) de massa fresca de alfaces encontradas nos arranjos produtivos (V, A e B) e na literatura.....	125
Quadro 6-	Características técnicas das telhas onduladas de fibrocimento 6 mm....	128
Quadro 7-	Massa fresca comercial média por planta (g.Planta ⁻¹) para os arranjos produtivos propostos e trabalhos citados.....	130
Quadro 8-	Classificação da alface segundo massa fresca comercial por planta, sugerida pela CEAGESP em 2001 e pelo MAPA em 2005.....	132
Quadro 9-	Relação de componentes e custos* (U\$) para implementação do sistema produtivo alternativo proposto para uma área de 3.50 m ² aproximadamente (U\$ 1.00= R\$ 3.20, Março 2017).....	135
Quadro 10-	Simulação do tempo de retorno do capital investido para 3.5 m ² de sistema produtivo sobre telhados.....	136
Quadro 11-	Análise SWOT do sistema alternativo proposto para produção de alimentos em telhados urbanos no Rio de Janeiro.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Faixas de condutividade elétrica para soluções nutritivas.....	64
Tabela 2-	Tabela de Análise de Variância.....	70
Tabela 3-	Teste t de <i>Student</i>	71
Tabela 4-	Tabela ANOVA de dois fatores.....	73
Tabela 5-	Volumes de substrato utilizados, pesos dos vasilhames e peso dos Calhas de Cultivo (CA) e vasos preenchidos com substrato umedecido a 10% do volume (médias do ciclo II).....	88
Tabela 6-	Taxa de sucesso, Produção de massa fresca total (MFT); perdas e produção de massa fresca comercial (MFC) para vasos (controle), tratamento A e B, ciclos de produção I, II e III de alface crespa “Amanda” nas parcelas experimentais na Cobertura do Edifício Haroldo Lisboa, Campus UERJ Maracanã.....	106
Tabela 7-	Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros aferidos (massa fresca comercial por planta (g.planta^{-1}) e diâmetro do caule (cm)) das alfaces colhidas nos 3 ciclos experimentais.....	110
Tabela 8-	Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento A.....	112
Tabela 9-	Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento B.....	113
Tabela 10-	Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento Vasos.....	113
Tabela 11-	Análise da variância entre os tratamentos A, B e V.....	114
Tabela 12-	Teste de Tukey-Kramer para diferentes médias de massa fresca por planta dos tratamentos A, B e V.....	114
Tabela 13-	Teste t de <i>Student</i> para a comparação das médias de produção de massa fresca por planta entre os ciclos.....	116
Tabela 14-	Média dos parâmetros massa fresca comercial (MFC) por planta (g.pl^{-1}) e diâmetro do caule por planta (cm.pl^{-1}) na colheita, por tratamento (A, B e V) e subníveis (A1, A2, B1 e B2) nos 3 ciclos realizados.....	118
Tabela 15-	Teste F de ANOVA para dois fatores: tamanho e tipo de CA.....	120

Tabela 16-	Teste de Tukey-Kramer para o fator tamanho dos CA entre os tratamentos A e B.....	122
Tabela 17-	MFC por unidade de área (Kg m^{-2}).....	123
Tabela 18-	Produtividade em termos de MFC por volume de substrato agrícola (Kg.L^{-1}).....	126
Tabela 19-	Volumes (L) e massas médias (Kg) por tipo de tratamento no início e final (Ciclo II).....	127
Tabela 20-	Percentual de plantas segundo classificação comercial da CEAGESP (por ciclo e por tratamentos).....	133
Tabela 21-	Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no primeiro ciclo de produção (Inverno de 2016).....	139
Tabela 22-	Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no segundo ciclo de produção (Primavera de 2016).....	141
Tabela 23-	Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no terceiro ciclo de produção (Primavera de 2016)	144
Tabela 24-	Resumo dos valores totais de ET_0 calculados pelos três diferentes métodos de cálculos empregados (Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS) e Hargreaves (HRG) para os 3 ciclos de produção.....	146
Tabela 25-	Resumo dos Valores de Evapotranspiração da cultura (ET_C) a partir da ET_0 de Penman-Monteith para diferentes K_C nos três diferentes ciclos.....	150
Tabela 26-	Eficiência do uso da água (EUA) - massa fresca comercial por unidade de água (g. L água^{-1}).....	153
Tabela 27-	EUA (g.L^{-1}) teórico para os arranjos produtivos desenvolvidos em coberturas na UERJ Maracanã.....	155

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	Distribuição dos artigos publicados entre 2001 e 2012 de acordo com as categorias de áreas de pesquisa.....	42
Gráfico 2-	Curva normal de distribuição.....	66
Gráfico 3-	Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo I.....	147
Gráfico 4-	Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo II.....	147
Gráfico 5-	Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo III.....	148

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

A	Tratamento A: CA DN50 mm
B	Tratamento B: CA DN75 mm
CA	Calhas de cultivo
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
CEASA	Centro Estadual de Abastecimento
COP21	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 (<i>Conference of the Parties</i>)
DAS	Dias Após Semeadura
DAT	Dias Após Transplântio das mudas
DN	Diâmetro Nominal
ECA	Lâmina de água evaporada a partir de um Tanque Classe “A”
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EP	Evapotranspiração
ESALQ/USP	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP)
ET_0	Evapotranspiração de Referência
ET_c	Evapotranspiração da Cultura
EUA	Eficiência do Uso da Água
FLL	Associação Alemã de Paisagismo (<i>Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.</i>)
FOB	Frete por conta do fornecedor (<i>Free On Bord</i>)
Geo-Rio	Fundação Instituto de Geotécnica, órgão da Secretaria Municipal de Obras da Prefeitura do Rio de Janeiro.
HIDROCIDADES	Projeto conservação da água em meios urbanos e periurbanos
HRG	Fórmula de Hargreaves
HS	Fórmula de Hargreaves-Samani
IAF	Índice de área foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade (<i>Local Governments for Sustainability</i>)
IGRA	Associação Internacional de Telhados Verdes (<i>International Green Roof</i>)

	<i>Association)</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas <i>(Intergovernmental Panel on Climate Change)</i>
IVU	Infraestrutura Verde Urbana
K_c	Coefficiente da cultura
K_{in}	Coefficiente da cultura no início de desenvolvimento
K_{mid}	Coefficiente da cultura durante o desenvolvimento
K_{end}	Coefficiente da cultura nos estágio de maturação frutos
LAT	Latitude
LONG	Longitude
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil
MFT	Massa fresca total
MFC	Massa fresca comercial
NFT	Hidroponia <i>(Nutrient film technique)</i>
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
ONU-HABITAT	Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos
P	Precipitação
PIB	Produto Interno Bruto
PM_{FAO56}	Fórmula de Penman-Monteith
PNUMA/UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente <i>(United Nations Environment Programme)</i>
SI	Sistema de Irrigação
SWOT	Análise das Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças <i>(Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats)</i>
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (RJ)
UFV	Universidade Federal de Viçosa (MG)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas (SP)
USA	Estados Unidos da América <i>(United States of America)</i>
USP	Universidade de São Paulo
V	Tratamento vasos

WF

Pega Hídrica (*Water Footprint*)

WMO

Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological
Organization*)

LISTA DE SÍMBOLOS

/	Divisão
.	Multiplicação
%	Porcentagem
>	Maior que
<	Menor que
L	Litro
cm	Centímetro
mm	Litros por metro quadrado
ha	Hectare
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro quadrado
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
m.s ⁻¹	Metro por segundo
mm.h ⁻¹	Milímetro por hora
Kg	Quilograma
g	Gramma
h	Hora
min	Minuto
s	Segundo
kPa	Quilopascal
MJ.m ⁻² .dia ⁻¹	Megajoule por metro quadrado por dia
°C	Graus Celsius
Rad	Radianos
Pl	Planta
L.pl ⁻¹	Litros por planta
U\$	Dólares
R\$	Reais
dS.m ⁻¹	Decisiemens por metro

mS.cm ⁻¹	Milisiemens por centímetro
kN.m ⁻²	Quilonewton por metro quadrado
Un	Unidade
α	Alfa minúsculo
γ	Gama minúsculo
Δ	Delta
δ	Delta minúsculo
λ	Lambda minúsculo
μ	Mi minúsculo
π	Pi minúsculo
Σ	Sigma
σ	Sigma minúsculo
φ	Phi minúsculo
ω	Omega minúsculo
\bar{x}	Média aritmética
Sen	Seno
Cos	Cosseno

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	23
	Problemática e Justificativa	23
	Objetivo Geral	28
	<u>Objetivos Específicos</u>	28
	Estrutura da Dissertação	29
1	REFERENCIAL TEÓRICO	30
1.1	Agricultura Urbana	30
<u>1.1.1</u>	<u>Definição e contexto</u>	30
<u>1.1.2</u>	<u>Modalidades de agricultura urbana</u>	31
<u>1.1.3</u>	<u>Benefícios da agricultura urbana</u>	32
<u>1.1.4</u>	<u>Agricultura Urbana na cidade do Rio de Janeiro</u>	33
<u>1.1.5</u>	<u>A experiência de outros países</u>	38
1.2	Telhados verdes	40
<u>1.2.1</u>	<u>Descrição dos telhados verdes</u>	40
<u>1.2.2</u>	<u>Os benefícios e funções dos telhados verdes</u>	43
1.2.2.1	Controle de enchentes em bacias urbanas.....	44
1.2.2.2	Isolamento térmico: conservação de energia e diminuição das ilhas de calor.....	45
<u>1.2.3</u>	<u>Prática e estudos sobre telhados verdes no Brasil</u>	47
1.2.3.1	Recursos Hídricos.....	49
1.2.3.2	Aspectos construtivos dos TVs.....	51
1.2.3.3	Ciências ambientais.....	52
1.2.3.4	Plantas.....	52
1.2.3.5	Tecnologia social.....	52
1.2.3.6	Políticas públicas em favor dos TVs.....	53
1.3	Agricultura em telhados e lajes de cobertura	53
1.4	Necessidades hídricas das culturas agrícolas	57
<u>1.4.1</u>	<u>Evapotranspiração de Referência (ET_0)</u>	57
<u>1.4.2</u>	<u>Coeficiente da cultura (K_C)</u>	59
1.5	Métodos convencionais de produção da alface	62
1.6	Análises estatísticas	65

1.6.1	<u>Teste de Levene</u>	67
1.6.2	<u>Análise da Variância para um fator</u>	68
1.6.3	<u>Teste t de Student</u>	70
1.6.4	<u>Teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas</u>	71
1.6.5	<u>Análise da Variância para dois ou mais fatores</u>	72
1.6.5.1	Teste de comparação de médias.....	74
1.6.5.2	Teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas.....	74
1.7	A Análise SWOT	75
2	MATERIAIS E MÉTODOS	76
2.1	Localização das unidades experimentais	76
2.2	Estratégia e projeto experimental	78
2.3	Preparo dos arranjos produtivos sobre a bancada de apoio	82
2.4	Caracterização dos arranjos produtivos A e B	85
2.5	Sistema de Irrigação e fertilização simultâneo	89
2.5.1	<u>Descrição do sistema de irrigação</u>	89
2.5.2	<u>Fertirrigação</u>	94
2.5.3	<u>Acionador automático de baixo custo</u>	95
2.6	Procedimentos para a análise dos resultados	97
2.6.1	<u>Desempenho agrônômico</u>	97
2.6.1.1	Produção total dos tratamentos.....	97
2.6.1.2	Produção média dos tratamentos.....	98
2.6.2	<u>Projeto e configuração dos arranjos produtivos A e B</u>	98
2.6.3	<u>Análise da eficiência dos arranjos produtivos segundo as limitações da produção em coberturas</u>	99
2.6.3.1	Eficiência quanto à produção por unidade de área.....	99
2.6.3.2	Eficiência quanto à produção por unidade de substrato utilizado e peso dos arranjos produtivos.....	100
2.6.3.3	Eficiência econômica (viabilidade econômica).....	100
2.6.3.4	Eficiência do uso da água (EUA).....	101
2.7	Cálculo da Evapotranspiração Potencial de Referência (ET_0)	102
2.8	Análise SWOT	104
3	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	105
3.1	Desempenho agrônômico	105

3.1.1	<u>Produção total dos tratamentos</u>	105
3.1.2	<u>Produção média dos tratamentos</u>	110
3.2	Avaliação da igualdade da variância pelo teste de Levene modificado	111
3.2.1	<u>ANOVA para a comparação entre os arranjos produtivos</u>	114
3.2.2	<u>Teste de Tukey-Kramer para a comparação das médias de produção de massa fresca por planta entre os ciclos</u>	116
3.3	Projeto e configuração dos arranjos produtivos A e B	118
3.3.1	<u>ANOVA de dois fatores (para tamanho da CA e tipo de inserção- furo ou rasgo)</u>	119
3.3.2	<u>Teste de Tukey-Kramer para o fator tamanho dos CA entre os tratamentos A e B</u>	122
3.4	Análise da MFC versus espaço ocupado pelo cultivo	122
3.5	Análise da MFC versus volume de substrato utilizado sobre a cobertura .	126
3.5.1	<u>Análise das cargas dos arranjos produtivos sobre a cobertura</u>	127
3.5.2	<u>Diâmetro dos canos versus tamanho das mudas</u>	129
3.6	Avaliação da eficiência econômica	130
3.6.1	<u>Avaliação da geração de receitas</u>	130
3.6.2	<u>Análise dos custos de implementação do arranjo produtivo B</u>	134
3.6.3	<u>Avaliação do tempo de retorno de investimento do arranjo produtivo B</u>	136
3.7	Uso da água na irrigação dos arranjos produtivos	138
3.7.1	<u>Cálculo da Evapotranspiração de Referência (ET_0)</u>	138
3.7.2	<u>Escolha do Coeficiente da Cultura (K_C)</u>	149
3.7.3	<u>Lâmina Ideal versus Lâmina Aplicada</u>	150
3.7.4	<u>Eficiência do uso da água (EUA) para a produção agrícola</u>	152
3.8	Análise SWOT do arranjo produtivo proposto	156
	CONCLUSÕES	159
	REFERÊNCIAS	161
	APÊNDICE A	178
	APÊNDICE B	197
	ANEXO A	201

INTRODUÇÃO

Problemática e justificativa

Ao longo do século XX a população mundial quadruplicou e no Brasil praticamente decuplicou (IBGE, 2003). Observou-se a migração da população rural e crescimento populacional a taxas maiores nos centros urbanos do que nas regiões rurais. Atualmente, mais da metade da população mundial habita os núcleos urbanos e, no Brasil, mais de 85% da população é urbana (IBGE, 2010). No entanto, sobretudo em países do mundo em desenvolvimento, esse crescimento populacional extraordinário concentrado nas cidades, que geraram grandes metrópoles, nem sempre foi acompanhado de políticas efetivas que garantissem qualidade de vida equilibrada e sustentabilidade ambiental. Observam-se, nesse contexto, impactos e pressões no desenvolvimento dos recursos hídricos. O aumento dos contingentes populacionais aumenta o consumo de água. Ao mesmo tempo, espera-se também maior geração de efluentes, que podem contribuir para o aumento da poluição, e até mesmo de forma mais abrangente comprometer a disponibilidade hídrica.

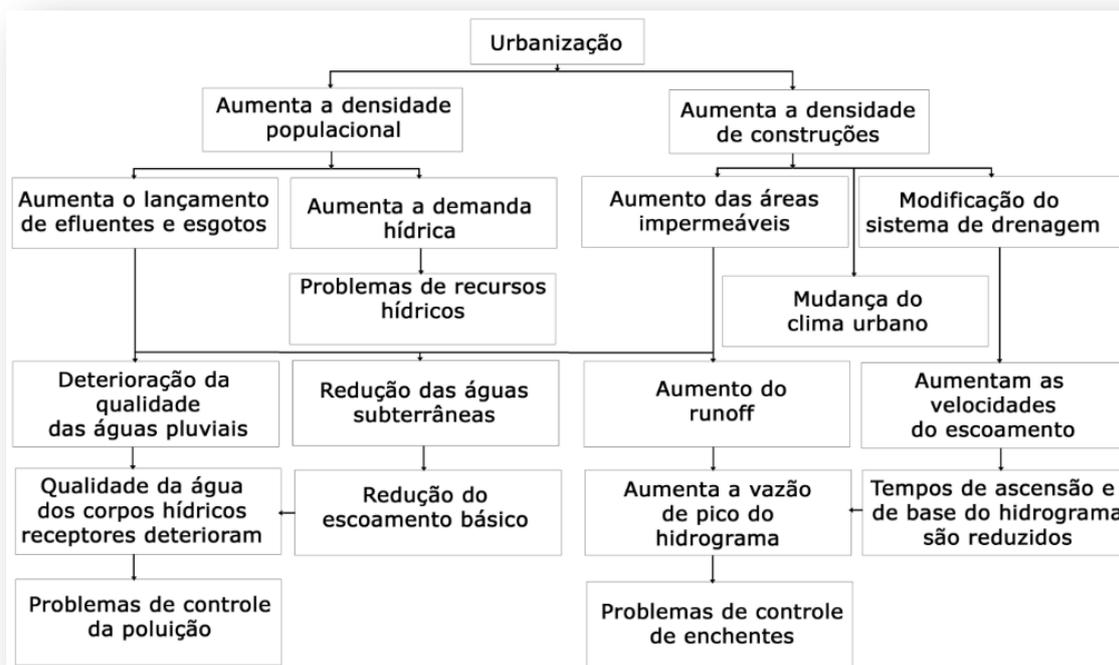
Em outra vertente, o aumento do número de construções e adensamento dos espaços urbanos contribui para o chamado efeito das ilhas de calor, que se caracteriza pelo aumento das temperaturas nas áreas urbanas em relação às regiões rurais periféricas, potencializando os processos evaporativos. As mudanças na troca de calor entre superfície e atmosfera potencializam também a ocorrência das chuvas convectivas, associadas a grandes volumes em curtas durações de tempo. Esse tipo de precipitação pode ter potencial devastador. Vem acompanhado de ventos fortes e raios, que por si só já constituem riscos à infraestrutura urbana e expõem a população. Adicionalmente, o adensamento das construções contribui para o aumento de áreas impermeáveis, que reduzem a possibilidade de infiltração e armazenamento nos solos desses excessos pluviométricos, levando ao aumento dos escoamentos superficiais, que por sua vez são catalizadores das enchentes urbanas.

As chuvas intensas potencializam também movimentos de terra que além de colocar em risco a população que vive próxima a encostas, contribui para assorear a rede de drenagem natural e construída, potencializando mais uma vez a ocorrência das enchentes urbanas.

A redução das taxas de infiltração nos espaços urbanos contribui também de forma negativa na recarga dos sistemas de águas subterrâneas, contribuindo para redução das ofertas hídricas no longo prazo, além de tornar estes sistemas mais susceptíveis à poluição. Hall

(1984) consolidou na forma de um diagrama de blocos (Figura 1) a interação desses processos que acabam por levar a riscos de desabastecimento de água, ao comprometimento da qualidade das águas e, eventualmente, à degradação ambiental dos espaços urbanos, sobretudo os periféricos, onde acaba por residir geralmente a população mais pobre.

Figura 1 – Impactos da urbanização no ciclo hidrológico



Fonte: ADAPTADO de HALL, 1984 *apud* PIMENTEL DA SILVA, 2015, p.7.

Recentemente tem sido proposto, como alternativa para o desenvolvimento urbano, um conjunto de medidas e técnicas que possam favorecer a infiltração e armazenamento dos excessos pluviais e, ao mesmo tempo, possam contribuir na mitigação de outros impactos negativos para o desenvolvimento socioambiental sustentável através da redução da emissão de gases do efeito estufa, aumento das áreas verdes, geração de trabalho e renda, assim como a inclusão social (FLETCHER *et al.*, 2015). No Brasil tem sido usado o termo Desenvolvimento e Desenho Urbano de Baixo Impacto, DDUBI, (Pimentel da Silva e Marques, 2010) como tradução de termos como “*Low Impact Urban Design and Development*” (LIUDD) originado na Nova Zelândia (VAN ROON, 2006).

Associado ao DDUBI observa-se na literatura o uso do termo infraestrutura verde para denotar vários dispositivos menos convencionais para integrar os projetos de drenagem

urbana: entre outros, jardins de chuva, valas e poços de infiltração, pavimentos permeáveis e telhados verdes.

Os telhados verdes constituem dispositivo associado à introdução de vegetação sobre as coberturas das edificações a partir de métodos construtivos adequados. Têm encontrado na literatura grande destaque, já que além de contribuírem para o projeto de drenagem “mais sustentável”, podem contribuir na mitigação de outros impactos originados no crescimento urbano. Destacam-se o controle da poluição sonora, aumento das áreas verdes, que contribuem na reconstituição do ecossistema natural, possibilitam absorção dos gases do efeito estufa e na mitigação do problema das ilhas de calor, contribuição para melhoria do conforto ambiental interno das edificações, diminuição do consumo de energia para climatização dos ambientes, têm impacto benéfico no paisagismo e no bem estar geral da população, e possibilitam o desenvolvimento da agricultura urbana.

A implantação da vegetação sobre os telhados se dá mediante à adequações na estrutura da construção, impermeabilização das superfícies das coberturas, inserção de camadas de drenagem, de manta anti raízes, e de substrato agrícola que garantirá a subsistência da vegetação sobre os mesmos. No caso da agricultura urbana sobre os telhados, haverá ainda um sistema de irrigação que possa garantir o suprimento de água adequado para o desenvolvimento das espécies.

Já é mais consolidada a tecnologia de telhados verdes extensivos ou intensivos na cobertura dos edifícios em países mais desenvolvidos. Alemanha, Holanda, Japão e Estados Unidos são países líderes nessa tecnologia (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010). No Brasil tem crescido o interesse pelos telhados verdes. A análise desenvolvida por Alberto *et al.* (2016) revelou um aumento expressivo no número de publicações sobre telhados verdes desde 2010, se comparado ao período entre 2000 e 2009. Os mesmos autores também identificaram que no Brasil, um número expressivo de publicações está associado ao uso dos telhados verdes no contexto do desenvolvimento urbano de baixo impacto e no desempenho dos mesmos na retenção de águas pluviais (*e.g.* Marcolino *et al.* (2011); Ohnuma Jr. *et al.* (2014); Garcia *et al.* (2015); Nascimento *et al.*, (2015)). Observa-se ainda, investigações sobre a adaptação das técnicas construtivas dos telhados às condições climáticas e socioambientais do país, custos e mão de obra para implementação, materiais constituintes, sobretudo aqueles que promovem o aproveitamento de resíduos (*e.g.* Garcia *et al.*, 2015).

Os telhados verdes podem também constituir espaços para a prática da agricultura urbana, sobretudo com a redução cada vez maior dos espaços disponíveis para a prática de agricultura nos grandes centros urbanos, pela concorrência com outras atividades como

construção civil ou parques e jardins, pela legislação ambiental ou pela contaminação do solo e corpos hídricos por metais pesados (SPECHT *et al.* 2014; JOHNSON *et al.* 2015).

O uso dos espaços ociosos representados por coberturas e muros verdes pode ser uma alternativa interessante (WHITTINGHILL; ROWE, 2012). Contudo, Mougeot (2000) *apud* Dieleman (2015) alerta que a agricultura é uma atividade que além do espaço, depende também de mão de obra, substrato agrícola, nutrientes e água. Adaptar a agricultura em telhados ou lajes implica na adoção e integração de tecnologias já conhecidas, mas que ainda não foram usadas ou combinadas antes, suscitando eventualmente uso de novos materiais ou técnicas de cultivo (SPECHT *et al.* 2014). Aspectos críticos são a acessibilidade ao local, limitações quanto ao peso, o alto investimento inicial, disponibilidade de água em quantidade e qualidade e outras criticidades técnicas (WHITTINGHILL e ROWE, 2011; ACKERMAN *et al.*, 2014).

A agricultura urbana tem atraído a atenção de pesquisadores e se expandido como medida transversal em resposta aos problemas e desafios da urbanização crescente, da saúde pública, da segurança alimentar e mudanças climáticas (WHITTINGHILL e ROWE, 2011). Parece haver convergência em que a agricultura empregada na produção local de alimentos concorre para o aproveitamento das águas pluviais, na reciclagem de nutrientes cujo fim seria aterros sanitários, na economia de energia empregada no transporte das regiões produtoras, na amenização das ilhas de calor urbanas, na valorização do entorno, entre outras (ORSINI *et al.* 2014 a).

Gittleman (2009) *apud* Dieleman (2015) afirma que “a próxima revolução alimentar não se dará nas fazendas e sim nas cidades”. A contribuição das hortas urbanas para o suprimento de alimentos à população tem sido estimulada em muitas cidades ao redor do mundo como Dar es Salaam na Tanzânia, em Shangai na China, em Toronto e Vancouver no Canadá (ORSINI *et al.*, 2015).

Cruz e Medina (2003) *apud* Sanyé-Mengual *et al.* (2016) apontam que a agricultura urbana tem sido importante fonte de geração de alimentos na cidade de Havana, em Cuba, assim como foi na crise dos países do Leste Europeu com o desmantelamento do Bloco Soviético, e nas Grandes Guerras do século passado, onde muito da subsistência das populações devastadas pelas guerras provinha das hortas cultivadas em quintais e jardins (SANYÉ-MENGUAL *et al.* 2016). Dieleman (2015) aponta que 20% do alimento consumido na Cidade do México provêm da agricultura urbana, herança provável da civilização asteca que tinha na agricultura um dos alicerces para o desenvolvimento das cidades.

Esta dissertação de mestrado integra os esforços de pesquisa do Projeto HIDROCIDADES (PIMENTEL DA SILVA *et al.* 2008). O foco principal do Projeto é a conservação e uso racional das águas em áreas urbanas e periurbanas através de medidas que possam promover inclusão social, geração de trabalho e renda, com vistas ao desenvolvimento sustentável. A metodologia de pesquisa segue as linhas da pesquisa-ação (THIOLENT, 2000). O HIDROCIDADES integrou recentemente dois esforços de pesquisa importantes no Brasil através da formação de Redes de Pesquisa financiadas pelo MCT/FINEP. Entre estas, destaca-se a Rede de Manejo de Águas Pluviais – MAPLU, que promoveu facilidades para o desenvolvimento dessa dissertação de mestrado.

Ao longo do desenvolvimento do Projeto HIDROCIDADES foi estabelecido, de forma empírica, um sistema de cultivo irrigado de alfaces sobre a cobertura de uma edificação, constituída por telhas onduladas de fibrocimento, localizada na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa, em Vargem Grande (zona Oeste do Rio de Janeiro), constituindo sistemas de telhados verdes leves, de baixo custo, adequado às construções típicas de áreas de interesse social. Além de ter promovido redução nas temperaturas internas do ambiente, o arranjo produtivo mostrou-se bastante interessante no armazenamento das águas pluviais, no amortecimento e retardo na ocorrência do pico das vazões de *runoff* (*e.g.* Oliveira *et al.* (2009); Mary *et al.*, (2010); Marcolino *et al.*, (2012); Bruno *et al.*, (2015)). A partir dos bons resultados alcançados na Escola Teófilo, foi instalada a infraestrutura para experimentos numa cobertura dentro do Campus Maracanã da UERJ que visaram investigações sobre o comportamento de *runoff* em telhados verdes (NASCIMENTO, 2015) e que posteriormente foram aproveitadas para o aprimoramento da técnica para o cultivo de alfaces (*Lactuca sativa*) sobre telhas onduladas de fibrocimento com ênfase na modalidade de telhado verde leve, objeto da pesquisa dessa dissertação de mestrado.

Objetivos

Geral

O principal objetivo da pesquisa foi a avaliação da eficiência agrônômica e do consumo de água em um sistema produtivo, de baixo custo, para a prática da agricultura urbana em coberturas das edificações.

Específicos

- (1) Implementação de arranjos produtivos para cultivo de alfaces sobre laje de cobertura e telhas de fibrocimento, na forma de projeto piloto experimental no Campus UERJ Maracanã;
- (2) Avaliação da produção agrícola de alfaces (*Lactuca sativa*) nas unidades experimentais sobre laje e telhas de fibrocimento com diferentes arranjos produtivos;
- (3) Quantificação de elementos da produtividade agrícola como produção por unidade de área, por volume de substrato utilizado, custos de implementação, geração de trabalho e renda, tempo de retorno de investimento;
- (4) Análise e tratamento estatístico dos resultados;
- (5) Quantificação dos volumes de água aplicados para o desenvolvimento das plantas;
- (6) Ensaio da avaliação de forças, oportunidades, fraquezas e ameaças no cultivo agrícola urbano em coberturas a partir dos resultados obtidos nas unidades experimentais com alfaces.

Estrutura da Dissertação

Na Introdução são feitas as considerações sobre a relevância do tema, além de apresentar os objetivos geral e específicos.

O Capítulo 1, dedicado ao Referencial Teórico, aborda temas relevantes ligados ao trabalho, com foco nos temas da agricultura urbana e dos telhados verdes: suas definições, importância e dados consolidados por outros pesquisadores que serviram de parâmetros de comparação ao presente estudo, além do embasamento teórico das análises estatísticas dos resultados.

O Capítulo 2 descreve os arranjos produtivos, o desenho experimental e toda infraestrutura necessária ao estudo proposto como, por exemplo, a descrição dos calhas de cultivo e, sistemas de irrigação e fertilização.

No Capítulo 3 apresenta-se resultados obtidos e discussão, abordando outros estudos e referências no tema para a análise contextual.

O Capítulo final apresenta as Conclusões da pesquisa, suas limitações e sugestões de temas para futuros trabalhos que possibilitem a continuidade da mesma.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Agricultura Urbana

1.1.1 Definição e importância

Agricultura urbana (AU) pode ser definida como pequenas áreas nas cidades como lotes vazios (particulares ou públicos), quintais, jardins, varandas, que são usados para se cultivar alimentos ou criação de animais em pequena escala, seja para consumo próprio ou venda em mercados das redondezas (FAO 1999 *apud* POULSEN *et al.*, 2015). Ainda segundo a Divisão de treinamento e extensão da FAO (SDR/FAO), numa publicação de 1998 *apud* Arruda (2011), no Quadro 1 é descrita uma tipologia baseada em categorias de produtos criados ou cultivados, que exemplifica de forma resumida os sistemas de produção da agricultura urbana e periurbana.

Quadro 1 – Sistemas de produção da agricultura urbana e periurbana

Sistemas	Produtos	Localização	Técnicas
Aquicultura	Peixes, frutos-do-mar e algas marinhas	Lagos, riachos, estuários, lagunas e zonas pantanosas	Criação em gaiolas ou em viveiros
Horticultura	Agrícolas, frutos e flores, medicinais	Jardins, parques, espaços urbanos, rurais e periurbanos	Cultivo protegido, hortas, hidroponia, canais de cultivo
Agrofloresta	Combustíveis, frutas e sementes, compostos e materiais para construção	Ruas, jardins, áreas de encosta, cinturões verdes, parques e zonas agrícolas	Arborização de ruas, implantação de pomares
Criações	Leite, ovos, carne, estrume, peles e pelos	Áreas de encosta e espaços periurbanos	Criação em confinamento
Diversificadas	Plantas ornamentais, flores e plantas exóticas	Serras e parques	Cultivo protegido, plantas envasadas e canteiros suspensos

Fonte: SDR/FAO, 1998, *apud* ARRUDA, 2011, p.40.

A especulação imobiliária tem levado a uma rápida urbanização dos antigos “cinturões verdes” nas regiões periurbanas, como tem acontecido com o Rio de Janeiro e outros grandes centros urbanos, sejam eles localizados em países desenvolvidos ou não (RYDIN *et al.*,

2012), levando a academia e o poder público a buscarem medidas criativas e integradas na solução dos problemas advindos da intensa urbanização.

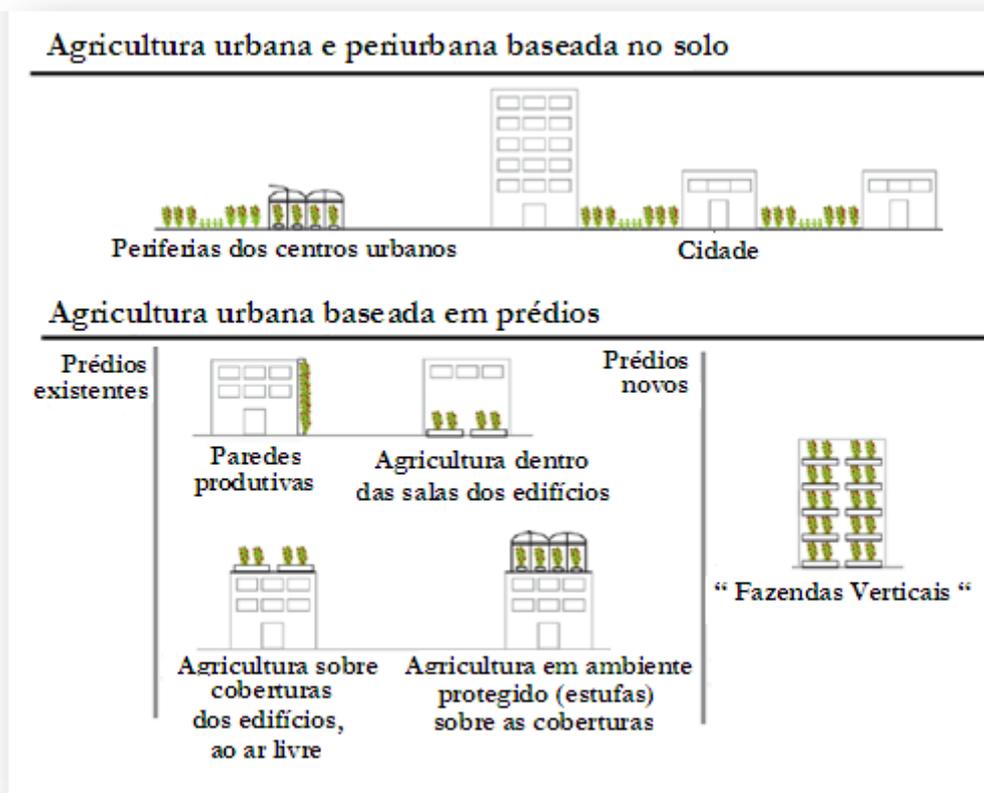
A migração da população rural, crescimento vertiginoso e desordenado das cidades e seus subúrbios, o aumento do padrão de vida dos habitantes, água e alimentos vindos de lugares cada vez mais distantes, têm gerado grande demanda de energia, e com isso aumento de emissão de gases do efeito estufa. Esses mesmos gases agravam um quadro de mudanças climáticas, com reflexos na queda da produção de alimentos causada pelas severidades e extensões nas mudanças dos regimes pluviométricos (IIZUMI; RAMANKUTTY, 2016; LESK; ROWHANI; RAMANKUTTY, 2016). A queda na produção agrícola teve como consequência o aumento nos preços dos alimentos, afetando com maior intensidade a classe mais pobre e vulnerável. Tal quadro tem favorecido de maneira positiva a implantação de programas de AU que poderiam promover uma resposta antecipada à escassez de alimentos, além de benefícios econômicos e à saúde da população (RYDIN *et al.*, 2012; ACKERMAN *et al.*, 2014; LA ROSA *et al.*, 2014; ROTHWELL *et al.*, 2015).

1.1.2 Modalidades de agricultura urbana

Além dos tradicionais tipos de agricultura baseados na exploração de terrenos vazios, jardins, quintais, áreas sob linhas de transmissão, canteiros de avenidas, hortas comunitárias, entre outras, vem surgindo outros tipos de agricultura, nem sempre baseadas no cultivo do solo, nem ao nível deste.

Devido às pressões por novas áreas de cultivo, já que áreas vazias estão cada vez menos disponíveis ou têm preço muito elevado nos centros urbanos, além do desenvolvimento tecnológico e às necessidades de renaturalização do ambiente urbano, vem ganhando força um tipo de AU que ocupa outras áreas, até então relegadas. Está cada vez mais difundido o uso de espaços como telhados, lajes, paredes e mesmo interiores de edifícios (SPECHT *et al.*, 2015; THOMAIER *et al.*, 2015; ORSINI; DUBBELING; GIANQUINTO, 2015). A Figura 2, organizada por Sanyé-Mengual (2015) descreve de maneira compreensível as várias modalidades possíveis para produção de alimentos em cidades.

Figura 2 - Múltiplas tipologias de Agricultura Urbana, baseada nos solos ou em ambientes construídos.



Fonte: ADAPTADO por WAGNER ACCIOLY da SILVA de SANYÉ-MENGUAL, 2015, p.5.

Segundo a Figura 2, Sanyé–Mengual (2015) classifica a agricultura urbana em dois grandes grupos: aquela feita ao nível do solo, nas regiões adjacentes aos centros urbanos (regiões periurbanas) ou em meio destes, nos lotes vacantes ou quintais, por exemplo. Já o segundo grupo se dá sobre ou dentro de edifícios já existentes e posteriormente adaptados para esse fim, como paredes e telhados verdes (em ambiente protegido ou ao ar livre) ou dentro de salas adaptadas (com iluminação artificial, por exemplo). Diferente das fazendas verticais, que são prédios construídos, adaptados para a produção agrícola desde a concepção do projeto.

1.1.3 Benefícios da agricultura urbana

A literatura descreve inúmeros outros benefícios da AU, além daqueles já citados (como segurança alimentar, geração de renda e empregos), inclusive como medida de resiliência (BARTHEL;ISENDAHL, 2013). Alguns são de difíceis mensurações como o

empoderamento das mulheres, incremento na coesão social (MOGLIA, 2014); já outros são mais fáceis de inferir como a economia de água ou utilização de água de reuso para irrigação (PAGE; RIDOUTT; BELLOTTI, 2011), a redução no lançamento de gases do efeito estufa (LEE; LEE; LEE, 2015) ou a amenização das ilhas de calor (TSILINI *et al.* 2015).

Gerster-Bentaya (2013) destaca o importante papel da AU na diversidade e qualidade nutricional das populações. Segundo a autora, cerca de 15% da produção de alimentos ocorre em áreas urbanas e periurbanas nos dias de hoje.

Phipps *et al.* (2013) constataram que o consumo de frutas e vegetais frescos por adultos e crianças está abaixo do recomendado nos Estados Unidos. O consumo de frutas e hortaliças está associado com a prevenção da obesidade, diabetes e doenças vasculares, e a agricultura urbana pode ser fonte de acesso a esse tipo de alimento. Populações mais pobres são as mais afetadas por essas doenças. Estudos de Gandhi e Zhou (2014) sobre os hábitos alimentares de Chineses e Indianos, que com suas imensas populações perfazem 37% da mundial, aliado às altas taxas de crescimento econômico, verificaram uma mudança de hábitos alimentares nas populações, com crescente demanda por frutas e hortaliças em detrimento à cereais. Como o crescimento da produção de frutas e hortaliças tem dificuldades em acompanhar as altas taxas de demanda naqueles países, nota-se um quadro de inflação dos alimentos. Mais uma vez a agricultura urbana poderia ser fonte desses alimentos, ajudando a combater a inflação.

1.1.4 Agricultura Urbana na cidade do Rio de Janeiro

Um dos maiores desafios para a consolidação e expansão das iniciativas da Agricultura Urbana e Periurbana é a ausência de marcos legais, políticas e instituições específicas. Esta condição contribui para que exista um amplo conjunto de fatores que limitam o seu desenvolvimento, entre os quais se incluem as restrições do uso do solo urbano, as discontinuidades dos programas e projetos públicos, a necessidade de assistência técnica continuada e a obtenção de créditos, infraestrutura e logística de comercialização. Contextos que de uma ou de outra forma afetam aos produtores organizados sob esta ou outra denominação similar (ZAAR, 2015).

Ainda segundo Zaar (2015), a Constituição Brasileira de 1988 e o Estatuto da Cidade (2001) exigem da esfera municipal a adequação das leis urbanísticas com a finalidade de promover a inclusão social, criando ou ampliando as facilidades de acesso à terra urbana e promovendo a integração e a complementariedade entre atividades urbanas e rurais, tendo como objetivo o desenvolvimento sócio econômico local e a preservação e recuperação do meio ambiente. Entretanto, a ausência de um marco político ou institucional que contemple a possibilidade de que os planos diretores ou o zoneamento do solo municipal considerem a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) como uma *práxis* permanente e multifuncional contínua sendo um limite à sua expansão.

Desde Janeiro de 2004 o Governo Federal, por meio do Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome, vem construindo os pilares de uma Política Nacional de AUP. Como exemplo, pode ser citada a criação na estrutura do MDS uma Coordenação Geral de AUP, que destinou orçamento anual de R\$ 10 milhões (com previsão de aumento na ordem de 20% em 2008). Um marco importante para esta política foi a aprovação de suas diretrizes para a promoção de Segurança Alimentar e Nutricional em Abril de 2004 na II Conferência Nacional de SAN realizada em Olinda-PE (ARRUDA, 2011).

Ainda a mesma autora, detalha que o Programa de AUP é composto por ações que constituem estratégias de produção agroalimentar, constantes e confiáveis para autoconsumo familiar e objetiva apoiar e incentivar projetos estruturantes nas instâncias de produção, beneficiamento e comercialização de produtos. Visa resgatar a autoestima de cidadãos produtivos e minimizar as desigualdades expressas na exclusão social nas periferias das cidades, favelas e na condição de morador de ruas. Esta intervenção do governo favorece projetos que promovam a segurança alimentar e nutricional e que incluam o escoamento da produção de famílias urbanas e periurbanas agricultoras e beneficiadoras de alimentos, via comercialização de produtos alimentícios.

Muitos países da América Latina incentivam e implementam projetos de AU, como exemplo: Cuba, Costa Rica, Argentina, Peru, Chile, Colômbia, Equador e México (ARRUDA, 2011). Dieleman, (2015) aponta que a Cidade do México, apoiada numa tradição milenar de produção agrícola em meio às cidades da antiga civilização asteca, produz cerca de 20% da alimentação que consome. O autor salienta que um dos desafios das políticas públicas é expandir a atividade agrícola para os mais de 22.000 m² de telhados verdes implantados recentemente na cidade.

Em Cuba, como consequência dos embargos econômicos americanos, o governo vem promovendo oficialmente a produção de alimentos no meio urbano desde 1999 (ORSINI et

al., 2013). Segundo o autor, em Havana há mais de 26.000 jardins para autoconsumo, a maior parte utilizando-se de técnicas de agricultura orgânica, pois mesmo os insumos agrícolas foram penalizados com os embargos.

Em âmbito local, segundo o serviço de assistência técnica do estado (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2015), o município do Rio de Janeiro possuía em 2013 uma área de 28 km² de área agrícola, um pouco menor do que em 2009 (28,5 km²), sendo uma ínfima parcela remanescente do que foi observado um dia por Corrêa (1936) na sua clássica obra “O Sertão Carioca”, onde descreve a Baixada de Jacarepaguá, uma Bacia de aproximadamente 300 km² (um quarto do Município), como o “cinturão verde” da antiga Corte Imperial, depois, Capital Federal.

Ações de agricultura urbana são pautadas por tímidas ações do governo municipal, da sociedade civil organizada em torno de ONGs e da academia. A atividade parece ser tratada pelos governos não como política pública e de estado, e sim como programa dos grupos políticos que se sucedem na direção do Município, haja vista a estagnação ou extinção de vários programas de incentivo e capacitação que sucedem na história.

Rego (2014) descreve um projeto de agricultura urbana (“Riortas”) apoiado pela Prefeitura entre 1989 e 1996 que treinou moradores de 15 comunidades entre as mais de 100 associações de moradores interessadas e que provou ser viável economicamente.

Vidal (2009) lista uma série de ações do poder municipal no início dos anos 2000, envolvendo um conjunto de Secretarias da época, hoje fundidas, extintas ou com outras atribuições. Entre esses programas havia a Escola de Fungicultura, Hortas Fitoterápicas para o abastecimento de farmácias de manipulação, e o Projeto Rio Hortas (diferente do anterior “Riortas”) Havia ainda uma assessoria especial de agricultura familiar e projeto Hortas Comunitárias, além de acesso ao financiamento público chamado PRONAF e um “Programa de Compras Locais” por parte do poder público.

Desde 2006 a Prefeitura conta com o projeto Hortas Cariocas (BRASIL, 2015). Esse projeto foi implantado em 40 comunidades e escolas, e nos dias atuais prossegue em 30 delas, sendo destaque as localizadas na área da Tijuca, sendo quatro nas comunidades Chácara do Céu, Borel, Salgueiro e Formiga e uma no CIEP Antoine Margarine Torres Filho. Outras iniciativas de empresas públicas ocorrem em bairros da Zona Norte do município, como é o caso da Light, cedendo áreas sob linhas de transmissão de energia na Pavuna (Figura 3) ou a Companhia de Lixo Urbano, doando adubo orgânico oriundo da compostagem do lixo residencial (ARRUDA, 2011).

Já a sociedade civil se organiza em torno de ONGs, entre elas a Rede Carioca de Agricultura Urbana (Rede CAU), que organiza ações de produtores orgânicos locais como feiras e atividades culturais e de extensão; a Verdejar, com atuação dos moradores do Engenho da Rainha na Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana (APARU) do maciço da Serra da Misericórdia e da Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA) que desde 1999 desenvolve um trabalho em comunidades pobres da periferia do município do Rio de Janeiro orientado para o incentivo e fortalecimento das práticas de aproveitamento agrícola de espaços urbanos.

Figura 3 - Hortas urbanas comerciais ao longo da Via Light – Rio de Janeiro



Fonte: ARRUDA, 2011, p.40.

Monteiro e Mendonça (2004) levantaram dados no Loteamento Ana Gonzaga, em Campo Grande, na Zona Oeste do Rio, onde atua a ONG, e constataram que a agricultura no local guarda algumas especificidades importantes, como a grande diversidade de plantas. No Ana Gonzaga, predominam as árvores frutíferas, presentes em 65% dos quintais pesquisados, seguidas pelas plantas medicinais, observadas em 62%. Na sequência aparecem as ornamentais, em 55%, e por último as espécies alimentícias anuais, encontradas em 45% dos lotes visitados. Um número considerável de quintais possuía plantas das quatro categorias.

A área de pesquisa e extensão em agricultura urbana tem na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) um importante centro de referência. Recentemente a instituição organizou e foi sede do I Encontro Nacional de Agricultura Urbana (2015), que reuniu pesquisadores, alunos, agricultores urbanos e periurbanos, representantes de ONGs e sociedade civil em torno dos problemas e perspectivas da área. Pesquisadores da Instituição, em cooperação com a UFRRJ e a UFRJ, desenvolveram iniciativas de agricultura urbana em telhados na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa, localizada no bairro Vargem Grande no Rio de Janeiro, Zona Oeste da Cidade (Figura 4). O objetivo do projeto, no qual este se insere, é adaptar a tecnologia do cultivo em telhados (Telhados Verdes) para as condições específicas das habitações de baixa renda a fim de diminuir custos de implantação e garantir um manejo seguro (MARY *et al.*, 2008).

Figura 4 – Cultivo de alfaces em telhado de edificação pré-existente na Escola Municipal Teófilo Moreira da Costa, Vargem Grande, Rio de Janeiro



Fonte: ACERVO do PROJETO HIDROCIDADES, 23/05/2010.

1.1.5 A experiência de outros países

S.Grewal e P.Grewal (2012) traçaram 3 cenários para a cidade de Cleveland, nos Estados Unidos: primeiro usando 80% da área dos lotes vazios da cidade para a produção de alimentos, segundo usando 80% dos lotes vazios mais 9% do espaço de cada lote construído e um terceiro, onde adiciona 62% da área de telhado de cada estabelecimento industrial e comercial à área do cenário 2. Segundo simulações, os autores garantem a obtenção de toda a produção de frutas e hortaliças, aves e mel requeridas pela população no cenário 3, e milhões de US\$ em rendas geradas ou economizadas pela cidade.

Orsini *et al.*(2014), focando no tema produção agrícola e consumo na área urbana de Bologna (Itália), analisaram a relação entre três fatores: a cidade, o bem-estar dos cidadãos e o ecossistema. A metodologia do trabalho consistiu em levantar dados sobre capacidade de produção em TVs, a área total de telhados e terraços disponíveis na cidade, dados censitários e consumo per capita, cálculo da produção de legumes e hortaliças necessários para satisfação da população de Bologna e identificação de outros benefícios ligados ao aumento de infraestrutura verde na cidade, como diversidade biológica e sequestro de carbono. De acordo com os estudos, a tecnologia de TVs poderia proporcionar à cidade uma produção anual de 12.000 T, satisfazendo 77% das necessidades de hortaliças da população.

Donovan, Larsen, e McWhinnie (2011) apontam muitos exemplos em seu trabalho. Por exemplo, em Barcelona, Espanha, uma tradicional área de cinturão verde foi transformada em parque, e dessa maneira, protegida da especulação imobiliária (Parque Agrícola *Baix Llobregat*). Em Londres, no projeto "ABLE-aquaponics", a área de um antigo aterro sanitário foi usada para um projeto de horticultura integrado com piscicultura (o primeiro utiliza a água residual do segundo, rica em nutrientes). Em Melbourne, Austrália, o projeto "CERES" se constitui da produção e comercialização de produtos orgânicos produzidos num antigo aterro sanitário próximo ao centro da cidade, numa área densamente povoada. Outras atividades que trazem renda ao projeto são a produção de mudas, sementes e café orgânico. Em São Paulo, Brasil e em Rumlang, Suíça, há casos de sucesso no aproveitamento do lixo urbano para a produção de gás metano e fertilizantes orgânicos via digestores anaeróbicos. Ainda segundo os autores, em Rosário na Argentina, o governo local combate a crise econômica através do incentivo à AU. No Chile, a aprovação de novos empreendimentos imobiliários nos arredores de Santiago tem que obedecer às regras das Zonas de Agricultura e Floresta, que destacam os solos de alta prioridade agrícola. Outras cidades ou estados como Portland (USA) e Colúmbia

Britânica, no Canadá, protegem seus cinturões verdes da especulação imobiliária através de rigorosas leis que promovem de forma integrada uso de espaços vazios urbanos, aumento de áreas verdes, integração de cadeias produtivas de compostagem, aquaponia, piscicultura e produção agrícola (NEWMAN; POWELL; WITTMAN 2015)

Devido às contingências impostas pelos cortes nos gastos, o poder público de Berlim, uma das cidades líderes no uso de infraestrutura verde) (MURRAY, 2014) viu uma saída para a administração de áreas verdes da cidade repassando-as à associações de moradores, criando-se os *Burgerparks*, que se tornaram locais de integração sociocultural, de aprendizado e mesmo de proteção à vulnerabilidade econômica (COLDING; BARTHEL, 2013).

Na Malásia, novas leis procuram equacionar o problema da urbanização crescente, integrando projetos habitacionais e infraestrutura verde. Barau (2015) estudando a grande concentração humana formada pela reunião Singapura-Malásia-Indonésia onde vivem três grupos de diferentes origens (Malaios, Indianos e Chineses) percebeu que, além do sustento, as plantas cultivadas por essas populações urbanas tinham propósitos estéticos, culturais e religiosos. No Leste da África, os governos de Dar es Salaam (Tanzânia) e Addis Ababa (Etiópia), preocupados com a elevação da temperatura, vem investindo na reurbanização dos loteamentos, com a adoção de infraestrutura verde, entre elas a agricultura e reflorestamento, para obtenção de uma maior evapotranspiração, maior sombreamento e menor irradiação de calor, amenizando as temperaturas (CAVAN *et al.*, 2014). Foeken e Owuor (2008) apontam para as atividades agrícolas praticadas em cidades de médio porte, como Nakuru (Kênia), sendo importantes fontes de alimentos, principalmente em anos de escassez de alimentos pelas secas.

O assunto poderia ser estendido citando exemplos bem sucedidos de inúmeras cidades que estão se tornando mais resilientes adotando um número maior de medidas de infraestrutura verde e agricultura urbana como Sidney, Vancouver, Hong Kong, Paris, Birmingham, Chicago, Portland, Toronto, Amsterdam, Delhy, Catânia, Daaka, Zagreb ou Milão. Isendahl e Smith (2013) e, Barthel e Isendahl (2013) pesquisaram sobre a longevidade das cidades dos povos Maias e Astecas na América e dos Bizantinos em Constantinopla, hoje Istambul, e concluíram que a longevidade das mesmas era baseada num desenvolvimento urbano em harmonia com a agricultura urbana.

1.2 Telhados Verdes

1.2.1. Descrição dos telhados verdes

Telhados verdes vivos, também conhecidos como telhados verdes (TV), telhados vivos, coberturas verdes, coberturas vivas, coberturas vegetais, bio telhas, eco telhas, eco telhados podem ser encontradas na literatura para explicar o uso de vegetação plantada sobre coberturas de edificações. Caracterizam-se pelo plantio de vegetais sobre certa espessura de *solum* ou substrato (capazes de funcionar como suporte dos mesmos), sobre telhados, lajes ou estruturas de cobertura com impermeabilização e drenagem adequadas, devendo sempre observar-se a carga prevista a ser suportada pela estrutura disponibilizada (FLL, 2008). Na Figura 5 são ilustradas a composição e materiais utilizados na implementação dos telhados verdes atuais.

Figura 5 – As camadas constituintes dos telhados verdes



Fonte: ADAPTADO do FLL *GUIDELINE*, 2008.

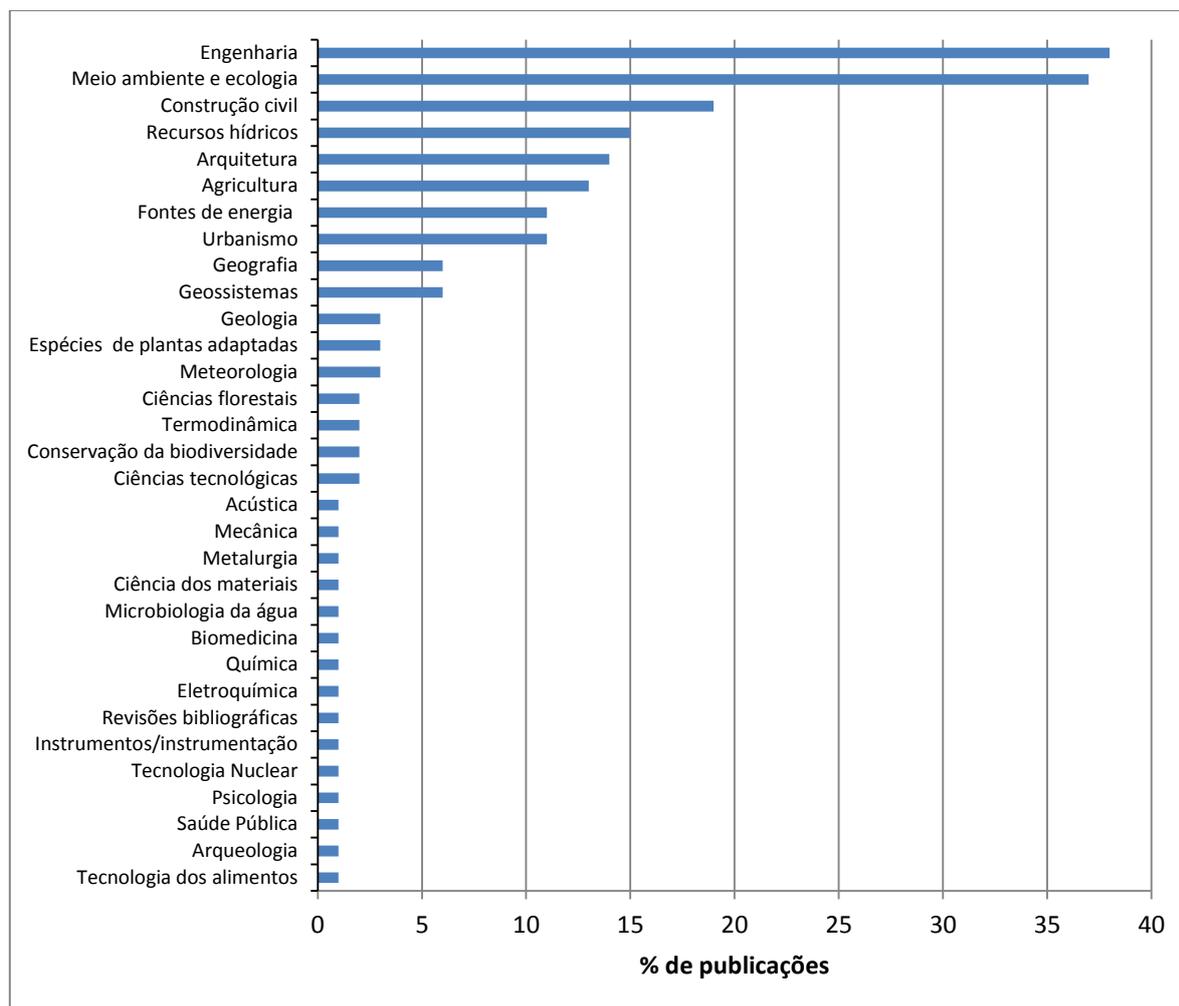
Segundo a concepção mais comum das camadas de um telhado verde apresentadas pela Figura 5, as raízes da vegetação se fixam e recebem água e nutrientes da camada de substrato, que pode ser terra ou outro meio composto por fibras vegetais ou outros materiais. Entre o substrato e o sistema de drenagem há um tecido permeável que evita a erosão do primeiro pela ação das chuvas e/ou irrigação. Há ainda uma barreira entre a cobertura do edifício e o telhado verde, com a função de protegê-lo da umidade e da ação física das raízes. Embora não seja comum no Brasil e em outros lugares do mundo, a ideia de vegetar as coberturas não constitui em si uma novidade. Os povos antigos, como os Babilônios, já apresentavam jardins suspensos nas suas edificações. Durante a idade Média e Renascença, famílias ricas ou mosteiros Beneditinos da Europa também utilizavam a ideia. Noruegueses cobriam os telhados das casas com solo para o isolamento e conforto térmico, e usavam gramas para estabilizar esse solo. (GETTER; ROWE, 2006). Os telhados verdes modernos surgiram durante o século XX na Alemanha e na Suíça e se espalharam pelo resto da Europa e mais recentemente na América do Norte. Esses dois continentes possuem o maior número de Institutos de pesquisa da área, portanto o maior número de estudos e resultados provém dessas regiões (DVORAK (2010) *apud* (BLANK et al., 2013). Segundo levantamentos de cerca de 300 trabalhos feitos por esses autores, as publicações sobre telhados verdes vêm aumentando muito nas últimas duas décadas, classificando os trabalhos em 32 áreas de pesquisa, conforme apresentado no Gráfico 1.

O gráfico foi organizado pelos autores segundo áreas de conhecimento descritas pelo *Institute for Scientific Information* e disponibilizadas através do banco de dados *Web of Science (ISI Web of Science)*. Através dele percebe-se a grande transversalidade do tema, abrangendo áreas da engenharia, química, meio ambiente e das ciências sociais.

Na área de recursos hídricos se destacam estudos sobre retenção e detenção das águas pluviais (ZHANG *et al.*, 2015).

A termodinâmica estuda o efeito das coberturas verdes nas performances térmicas dos edifícios, com a menor acumulação de calor pelos materiais nos períodos mais quentes do ano e a perda de calor dos ambientes internos nos meses mais frios, com redução no consumo de energia com aparelhos de arrefecimento ou aquecimento (DJEDJIG; BOZONNET; BELARBI, 2015).

Gráfico 1 – Distribuição dos artigos publicados entre 2001 e 2012 de acordo com as categorias de áreas de pesquisa



Fonte: ADAPTADO de BLANK *et al*, 2013, p.27.

O estudo de plantas envolve a seleção das melhores espécies adaptadas às condições climáticas que se encontram (RAYNER *et al.*, 2016). Como exemplos de estudos nas áreas sociais estão aqueles relacionados à sensação de aumento no bem estar da população pelo fator estético (LI; YEUNG, 2014).

Com o fenômeno mundial de crescimento das áreas urbanas e sua população, têm sido associados benefícios importantes da técnica, sobretudo no contexto atual de aquecimento global e mudanças climáticas. Ao longo do tempo, com a evolução nos materiais e técnicas construtivas, foi permitido um domínio maior sobre a implementação desses dispositivos.

Segundo Vijayaraghavan (2016), os telhados verdes podem ser classificados em intensivos, semi intensivos e extensivos conforme a dimensão da camada de substrato.

Telhados intensivos possuem camadas de 20 a 200 cm de espessura, permitindo o cultivo de uma grande variedade de plantas, mesmo árvores. Para tanto a estrutura que irá suportar o peso precisa ser dimensionada para tal, aumentando-se os custos. Telhados extensivos possuem espessuras de substrato menores do que 15 cm, e são bem mais leves, muitas vezes não necessitando de reforço nas estruturas existentes. Telhados extensivos costumam ter baixíssimo custo de manutenção, sendo inversamente proporcional aos intensivos.

O Quadro 2, adaptado de Hashemi *et al.* (2015) apresenta as principais características dos telhados intensivos e extensivos.

Quadro 2 - Características dos telhados Intensivos e Extensivos

Características	Intensivo	Extensivo
Diversidade de plantas	Alta (gramados, trepadeiras perenes, arbustos e árvores)	Pequena (plantas de pequeno porte adaptadas ao clima da região e/ou à seca)
Peso	> 300 kg m ⁻²	60 a 150 kg m ⁻²
Custos	Alto	baixo
Espessura do substrato	> 20 cm	< 20 cm
Construção	Tecnicamente complexa	Moderadamente fácil
Manutenção	complicada	simples
Acessibilidade	Acessível	restrições
Irrigação	Sistemas de drenagem e irrigação requeridas	Drenagem e irrigação frequentemente não necessários

Fonte: Adaptada de HASHEMI, 2015, p.672.

1.2.2. Os benefícios e funções dos telhados verdes

Os benefícios gerados pelo emprego de TVs nas grandes cidades transcendem ao da estética, sendo objeto de estudo transversal à diversas áreas como a hidrologia, a engenharia, arquitetura, urbanismo, agronomia, entre outras. A vegetação utilizada estrategicamente em coberturas é uma contrapartida de naturalização às modificações ambientais impostas pelo homem e pela urbanização, considerada como um complemento ecológico aos espaços verdes

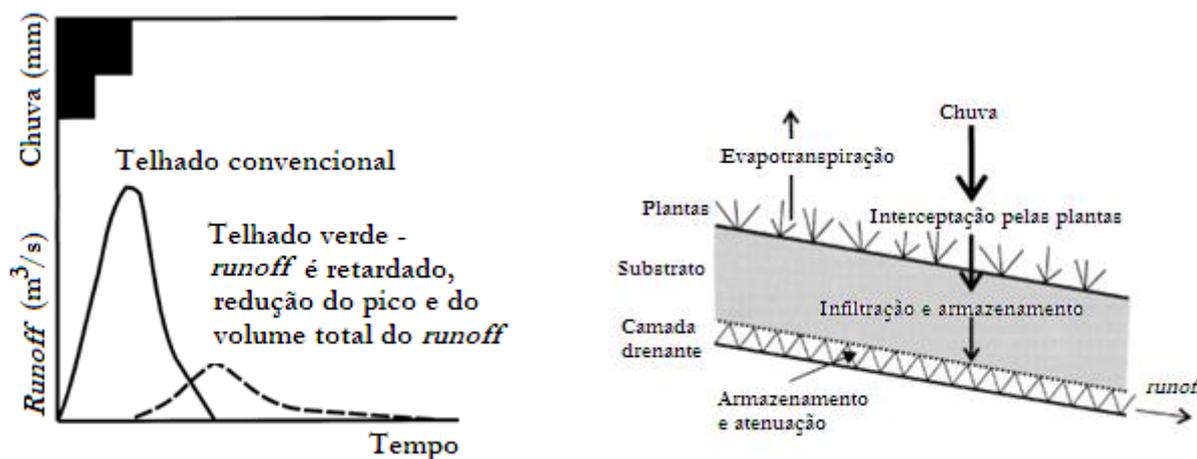
do conglomerado de cimento e outros materiais das cidades, tendo capacidade de alterar o seu entorno. Junto com a aplicação de outras técnicas sustentáveis como pavimentação permeável, cisternas para armazenamento de águas pluviais, os TVs podem contribuir na diminuição de problemas de enchentes, erosões e assoreamento de rios e canais, por exemplo.

Os TVs podem ser considerados como medidas transversais a muitas áreas, já que podem exercer diferentes funções no meio ambiente urbano. Entre as funções dos TV destacam-se: arrefecimento ou diminuição da amplitude termal, ligado a eventos de ilha de calor; diminuição do consumo de energia; diminuição da reflexão da luz solar; geração de umidade no ambiente através da evapotranspiração; redução da temperatura dos ambientes internos, diminuindo a necessidade do uso de aparelhos de ar-condicionado; enriquecimento da biodiversidade; menores taxas e volumes de escoamento superficial, amortecimento da vazão de pico do hidrograma, assim como retardo na ocorrência da mesma; purificação do ar e controle da poluição difusa de efluentes urbanos; regeneração e valorização de áreas urbanizadas; isolamento acústico; espaço para desenvolvimento de agricultura urbana, entre outros.

1.2.2.1 Controle de enchentes em bacias urbanas

Um dos benefícios mais consolidados, devido às inúmeras contribuições da academia, é a relação entre retenção parcial de águas pluviais e atraso no pico de vazão (Figura 6), com reflexo na diminuição de lâminas de enchente em bacias urbanas que o emprego de telhados verdes pode favorecer, visivelmente em zonas de clima temperado, onde as chuvas são mais distribuídas e menos intensas. Kok *et al.*, (2013), estudando retenção em telhados em clima tropical úmido (Malásia), concluiu que TVs podem reduzir o pico de descarga quando comparados a telhados impermeáveis, porém essa habilidade fica prejudicada para chuvas de grande intensidade. A retenção e o atraso no pico estão fortemente relacionados. Está fortemente relacionado à espessura da camada de substrato (LEE J.; LEE M.; HAN, 2015) e a matéria prima dos quais são constituídos (VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014).

Figura 6 - Resposta do escoamento das águas de chuva (atraso e diminuição do pico de *runoff*); Processos hidrológicos no telhado verde



Fonte: ADAPTADO POR WAGNER ACCIOLY DA SILVA de STOVIN, 2010, p.192.

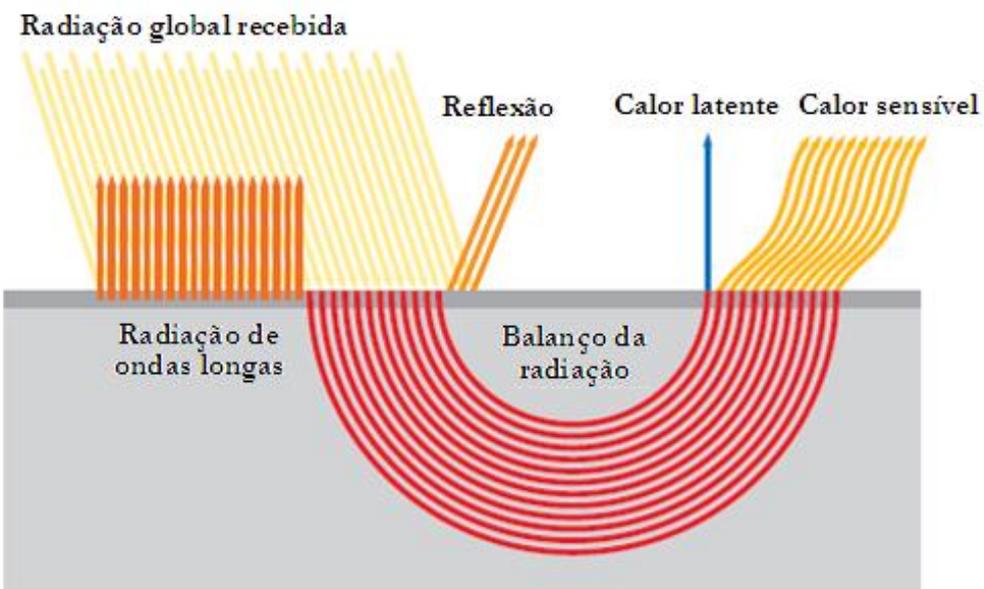
Stovin (2010) estudando o comportamento de telhados verdes na Inglaterra durante a Primavera, obteve valores de retenção de 34% do volume, e 57% de redução na vazão de pico do hidrograma. Carter e Rasmussen (2006) concluíram, após 31 eventos de chuvas simuladas, que a retenção decresce com o aumento da lâmina de chuva. Observaram uma redução de 90% do *runoff* para chuvas de pequena intensidade (25,4 mm) e menos de 50% para chuvas mais intensas (76,2mm). O início do *runoff* também foi atrasado em relação a um telhado normal em 18 min.

1.2.2.2 Isolamento térmico: conservação de energia e diminuição das ilhas de calor

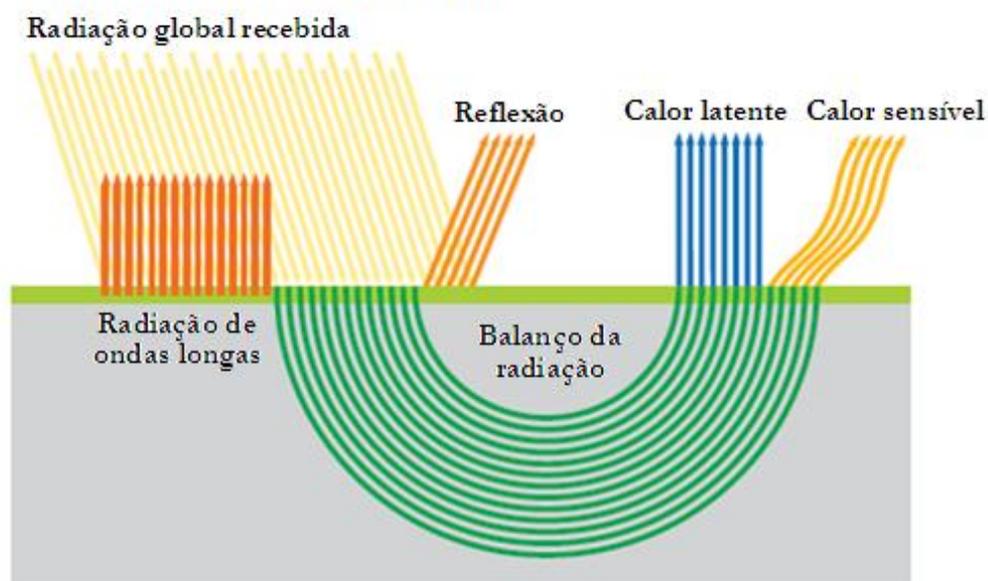
As superfícies vegetadas transformam uma parte da energia recebida do sol em fotossíntese, uma pequena parte é armazenada, outra refletida em forma de ondas longas e a maior parte é transformada em calor latente, via evapotranspiração. Esse processo retira energia da atmosfera em forma de calor, transferindo para camadas mais altas, gerando vapor e chuvas. Na Figura 7 há a comparação entre uma cobertura com betume/asfalto (muito comum nos países do Hemisfério Norte) com telhado verde extensivo quanto ao balanço diário da radiação

Figura 7 – Balanço diário de energia: comparação entre um telhado vegetado e outro não vegetado.

lajes cobertas por uma camada de asfalto



Telhados verdes extensivos



Fonte: ADAPTADO POR WAGNER ACCIOLY DA SILVA do INSTITUTO DE FÍSICA em BERLIN-ADLERSHOF, 2016, p 6. (www.gebaeudekuehlung.de) e SCHMIDT (2000).

Este balanço é resultado da radiação global recebida que pode ser refletida ou absorvida pelos materiais e devolvida para atmosfera em forma de calor sensível ou calor latente. Este último nada mais é que a evapotranspiração, que retira energia do ambiente no processo de evaporação da água, diminuindo a sensação de calor (um metro cúbico de água evaporada consome 680 kWh de energia do ambiente) (SCHMIDT, 2000).

Já as superfícies de edifícios e o pavimento das cidades absorvem a maior parte da energia recebida, irradiando para o ambiente em forma de calor sensível, contribuindo dessa maneira para a formação das ilhas de calor urbanas (SCHMIDT; REICHMANN; STEFFAN, 2007). Para amenizar a sensação térmica os habitantes acabam utilizando-se de aparelhos de ar condicionado, que funcionam a base de queima de energia fóssil, contribuindo para o efeito estufa. Os telhados verdes e outras superfícies vegetadas podem contribuir amenizando o problema, evitando o acúmulo de calor das paredes nas estações quentes do ano e evitando a dissipação do calor nas estações frias (CAMERON; TAYLOR; EMMETT, 2014); (COMA *et al.*, 2017).

1.2.3. Prática e estudos sobre telhados verdes no Brasil

No Brasil, as evidências da observação da adoção de TV nas cidades ainda são incipientes em comparação aos outros países onde a técnica é bem mais difundida.

Na década de 1930 há evidências da implementação de TV principalmente no Rio de Janeiro, então a Capital Federal e vitrine do Brasil para o mundo (KOHLER; SCHMIDT; LAAR, 2003) Vários prédios dessa época foram contemplados por projetos paisagísticos tendo Burle Marx e Lúcio Costa a frente dos trabalhos, influenciados pela escola francesa de arquitetura, sendo Le Corbusier um dos expoentes máximos dessa geração. O antigo prédio do Ministério de Educação (Edifício Gustavo Capanema) no centro da cidade, com seus jardins que proporcionavam excelentes condições internas às salas de escritórios, pode ser um exemplo dessa época, porém não foi o único. Ainda, também projetados por Burle Marx, a Faculdade de Arquitetura, na Ilha do Fundão. Também o Museu de Arte Moderna, da década de 60, projetado pelo arquiteto Reidy em 1953, e os prédios da Petrobrás, no centro da cidade, projetados por Gandolfi em 1968. Mesmo os prédios mais novos da Petrobrás, próximos ao Estádio do Maracanã, possuem TV.

Em São Paulo, há outro exemplo da arquitetura dos anos 30: o Edifício Conde Matarazzo, hoje sede da Prefeitura Municipal, projetado pelo italiano Marcello Piacentini com

a cobertura-jardim, objeto de estudo pela sua influência positiva no microclima do Vale do Anhangabaú (CATUZZO, 2013)

No final da década de 90 um grupo de professores alemães chegou ao Rio de Janeiro com a missão de divulgar a técnica de TV, mais desenvolvida na Alemanha e na Europa. O interesse era estudar a adaptação das tecnologias desses países temperados aos trópicos, e assim incrementar a relação comercial entre os dois países. O referido trabalho foi desenvolvido pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ em parceria com a Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia, e a Universidade de Ciências Aplicadas de Neubrandenburg na Alemanha. A cooperação entre os dois países teve o apoio da CAPES e do DAAD para a realização de missões de trabalho e de estudos envolvendo docentes e discentes das referidas instituições (LAAR, 2001; PORSCHE; KOHLER, 2003).

Mais recentemente, observam-se grandes empreendimentos comerciais e residenciais, como Shopping Centers ou edifícios “*high-tech*”, lançar mão dessa ideia para a obtenção de Certificações “verdes”, agregando valor ao produto ou mesmo em consonância com novas leis municipais, principalmente no que se diz respeito à gestão das águas pluviais e IPTU verde (OHNUMA JR, 2008; KAWATOKO; MENDIONDO, 2011). Na cidade do Rio de Janeiro, destacam-se o edifício do Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) na Ilha do Fundão, a Escola Nacional de Circo na Praça da Bandeira, o Parque de Madureira e Escolas, sendo estas últimas, voltadas principalmente às finalidades educativas.

Alberto *et al.* (2016) organizaram as pesquisas desenvolvidas no Brasil, agrupadas em grupos de interesse segundo Blank *et al.*, 2013 (Quadro 3). Serviram como fonte de informação a produção científica nacional divulgada em artigos publicados em revistas especializadas, notas de congresso, ou teses e dissertações, através de busca em bancos de dados.

Quadro 3 - Distribuição dos trabalhos nacionais sobre telhados verdes (2000 a 2015)
segundo áreas de interesse descritas por Blank *et al.* (2013)

Áreas de interesse	Número de trabalhos
1.Engenharia	24
2.Ciências Ambientais	8
3.Recursos Hídricos	26
4.Arquitetura	4
5.Agricultura	2
6.Urbanização	16
7.Plantas	6
8.Termodinâmica	14
9.Acústica	1
10.Revisões bibliográficas	8
TOTAL	109

Fonte: ALBERTO *et al.*, 2016.

1.2.3.1 Recursos Hídricos

A retenção e detenção de águas pluviais e estudos baseados em simulações matemáticas são áreas abordadas dentro dos recursos hídricos.

Segundo levantamentos de Ohnuma Jr, Silva e Gomes (2015) 70% da pesquisa sobre TVs no mundo são realizadas em países de clima temperado, onde 65% das pesquisas se referem ao conforto térmico e retenção/detenção das chuvas por parte dos TVs, além da qualidade dos efluentes.

Ohnuma Jr. *et al.* (2014), analisando protótipos de telhados verdes extensivos em São Carlos (SP) conseguiram uma eficiência de até 56% no armazenamento obtido pelo telhado verde em comparação com um convencional. Tassi *et al.* (2014) conseguiram reduções, em média, 62% do escoamento superficial, promovendo um retardo no escoamento e reduzindo as vazões de pico, o que gerou o controle desejado. No entanto, salientam que sua eficiência é altamente influenciada pelas condições climáticas e de umidade do solo que antecedem cada evento chuvoso.

Barros *et al.* (2014) estudando as enchentes do Bairro do Boqueirão, em Santos (SP), concluíram que a adoção de telhados verdes em conjunto com outras técnicas de redução na capacidade de escoamento do sistema de captação de águas pluviais apontam para uma redução de 6% no volume de água acumulada na bacia, suficientes para evitar os alagamentos mais críticos.

Calil *et al.* (2014), através de simulação matemática, conseguiram uma redução de 35,4% no escoamento superficial de uma micro bacia urbana. Para uma camada de 20 cm de substrato, o telhado reteve quase 60 mm de precipitação.

A UERJ tem se destacado no estudo de detenção e retenção hídrica com a produção de um número crescente de trabalhos no tema (ALBERTO *et al.*, 2016). Oliveira *et al.* (2009), obtiveram retardo de 8 min e 56% de redução no volume escoado na comparação de substrato comercial com outros de origem de resíduos industriais. Marcolino (2012), testando três substratos à base de fibra de coco verde, bagaço de cana e areia obteve 14 min de retardo no escoamento do *runoff* e retenção de volumes significativos (60 a 70 L), reiterando o potencial de TVs como medida de controle do escoamento de águas pluviais no lote.

Garcia *et al.* (2015), confrontando substrato comercial com resíduos industriais, notaram o melhor desempenho do primeiro frente a bagaço de cana ou fibra de coco, com uma retenção de 10% do volume total simulado. No entanto, os outros substratos, além de também promoverem a retenção das águas pluviais, criam oportunidade de aproveitamento dos materiais vegetais residuais. Na observação dos autores, deve-se considerar a possibilidade de adição do material fibroso ao substrato agrícola comercial. Além disso, a mistura poderia minimizar o efeito negativo de arrasto de partículas observados em Oliveira *et al.* (2009) para o substrato agrícola comercial.

Loiola *et al.* (2015) constataram uma redução no volume de 72% para solos secos e 44% para solos úmidos para chuvas simuladas na ordem de 150 mm.h⁻¹. Nunes (2017) simulou o emprego de telhados verdes extensivos em sub bacias na baixada de Jacarepaguá através de modelos matemáticos e observou reduções na vazão de pico na ordem de 3,6 a 14,6% e de 3 a 10% no volume escoado. O cenário com a inserção de telhados verdes de forma conjunta nestas sub bacias provocou uma ligeira redução da vazão de pico no exutório da bacia do rio Morto da ordem de 1.4%.

1.2.3.2. Aspectos construtivos dos TVs

Os aspectos construtivos (componentes e tecnologia) estão ligados à pesquisa de substratos, por exemplo. Um dos componentes mais importantes no telhado, são características desejáveis no substrato como a alta retenção de água, a leveza, o baixo custo, a disponibilidade no mercado, entre outros. Outra atenção é dada ao reaproveitamento de materiais reciclados ou resíduos de empresas na confecção de elementos ou peças dos telhados. Quanto à tecnologia, pesquisas sobre o comportamento quanto à declividade podem ilustrar um dos muitos desafios encontrados pelos pesquisadores (MORUZZI; MOURA; BARBASSA, 2014).

Mendonça, Henriques e Melo, (2015), Pereira *et al.* (2015) e Garcia *et al.* (2015) realizaram seus estudos usando materiais cujo fim seria os aterros sanitários das cidades: EVA (resíduo da indústria de calçados), fibra de coco (em profusão nas cidades turísticas costeiras) e PET (garrafas de refrigerante), respectivamente. Willes e Reichardt (2014) testaram vários substratos encontrados na região Sul do país. Materiais impermeabilizantes também foram testados, como por exemplo geossintéticos ou grupos de plásticos como o PVC/PEAD/PEBDL. Gatto (2012) alerta para a necessidade de uma normatização brasileira dos sistemas de impermeabilização, alertando para os problemas de sobrecargas que poderão requerer um reforço nas estruturas.

Quanto aos custos de implantação de TVs é bastante aceitável (entre os pesquisadores brasileiros, assim como os estrangeiros) a ideia de um maior custo inicial do telhado verde, na razão de 2/1 ou 3/1. Mas, devido à economia energética trazida aos edifícios na forma de um menor uso de aparelhos de ar condicionado, esse investimento inicial pode ser recuperado num prazo de 6 meses a cinco anos (MELLO *et al.*, 2010), (ROSSETI *et al.*, 2013) afora outros benefícios conferidos ao entorno. Outro enfoque dado pelos pesquisadores nacionais é quanto à pegada de carbono dos telhados tradicionais comparados aos verdes. Estes até possuem um maior consumo inicial de carbono, graças ao transporte dos equipamentos do local de fabricação aos canteiros de obra. Mas tal pegada é abatida graças à capacidade de sequestro de carbono durante a vida útil, tornando-os mais sustentáveis (GRIGOLETTI; PEREIRA, 2014), (PEREIRA, 2014).

1.2.3.3. Ciências ambientais

A educação e conscientização das novas gerações sobre o tema também geraram trabalhos. No Rio de Janeiro, Oliveira *et al.* (2009) desenvolveram seus estudos sobre produção de hortaliças em telhados verdes dentro de escolas públicas. Miranda e Galvão (2009), montaram um protótipo de telhado verde dentro do Colégio de Aplicação da UFRJ, e conciliaram atividades de pesquisa e extensão voltadas para a conscientização e educação ambiental. Centros Educacionais, como o SENAC e Mackenzie, estão cada vez mais preocupados com a formação de seus profissionais e incluem disciplinas voltadas para a Sustentabilidade das Cidades, Técnicas LID, infraestruturas verdes urbanas (IVUs) e TVs. Muitos dos trabalhos envolvem desenvolvimento de panfletos educativos para a população, dimensionamento de TVs ou produção de monografias sobre o tema.

1.2.3.4 Plantas

Os professores alemães que trabalharam no início desse século no Rio de Janeiro fizeram importantes contribuições ao compilarem listas de plantas que poderiam ser usadas nos telhados tropicais (KOHLENER; SCHMIDT; LAAR, 2003)

Há grande número de trabalhos que estudam diretamente ou indiretamente o tema “espécies mais adaptadas”. Espécies dos Biomas Mata Atlântica e Caatinga são as mais citadas. Adaptação envolve uma série de vantagens competitivas como a fácil propagação e manutenção (baixa exigência hídrica) e grande produção de biomassa, já que a interceptação foliar ajuda muito na retenção da água, incorporação de gás carbônico e outros poluentes pelos estômatos e proteção do substrato contra a erosão pelas águas pluviais.

1.2.3.5. Tecnologia Social

Há um grande esforço dos pesquisadores brasileiros no estudo e desenvolvimento de tecnologias de telhado verde acessíveis a toda população. Mary *et al.*, (2008) e Marcolino (2012) trabalharam com o desenvolvimento de tecnologia social, além de favorecer a utilização das lajes para fins diferentes do que a construção de novas residências, controlando a verticalização e o adensamento populacional. Gengo e Henkes (2013) concluem seu trabalho afirmando que uma maior integração da sociedade com o meio onde vivemos pode ser fator de geração de renda e ascensão social

1.2.3.6 Políticas públicas em favor dos TVs

Atualmente os benefícios dos TVs já começam a sensibilizar os gestores públicos e legisladores, pois leis para a implantação de TVs e outras técnicas de baixo impacto já começam a fazer parte da realidade de muitos municípios brasileiros, que obrigam novos condomínios, prédios comerciais ou residenciais de determinada metragem a gerirem suas águas drenadas. Diversos pesquisadores se dedicam ao tema de legislação e políticas públicas ((STAHLHÖFER; PEREIRA, 2013; STAHLHÖFER; CUSTÓDIO, 2014), da aplicação de técnicas LID (SOUZA *et al.*, 2012; TASSI *et al.*, 2014; BARROS; LICCO; STOEBER, 2014) e (OHNUMA JR; MENDIONDO; ALMEIDA NETO, 2014) e sobre empresas certificadoras que se apoiam nos benefícios dessas tecnologias verdes para endossar seus clientes- como é o caso da LEED (LACERDA; DIAS, 2011).

1.3 Agricultura em telhados e lajes de cobertura

Em países do Hemisfério Norte, o tema agricultura sobre e dentro de edifícios (“*on and in buildings*”) tem começado a atrair significativamente a atenção da sociedade e tem sido cada vez mais discutida e investigada em cidades do Canadá e USA. Thomaier et al. (2015) analisam 73 projetos pelo mundo (44 na América do Norte, 19 na Europa, 15 na Ásia e 1 na Austrália), revelam que “ZFarmings” geram inovações que podem contribuir para o desenvolvimento da sustentabilidade urbana. Nova Iorque, Chicago e Toronto são “*clusters*” na América do Norte, enquanto na Ásia há concentrações de projetos em Tóquio e Hong Kong. A maior parte dos projetos são TVs produtivos (47), mas há também 17 projetos *indoor*, 6 estufas sobre lajes, 1 fachada, entre outros. Quanto aos sistemas produtivos, 51 são baseados em cultivos sobre substratos, 10 projetos hidropônicos, 9 mistos e 3 aquapônicos (hortaliças e piscicultura).

Enquanto no Brasil a AU em telhados ainda seja incipiente, Specht *et al.*,(2015) destacam que um novo momento vem tomando força onde a AU começa a ocupar os telhados dos edifícios, as paredes e mesmo o interior destes, sendo chamada de “zero ocupação de terras”, “zero-hectares”, “zero-acres” (“ZFarming”).

Hui, (2011) lista algumas experiências de cidades que tentam se tornar mais verdes implantando projetos de agricultura sobre telhados: em Montreal (Canadá) a municipalidade a implantação de TVs como política pública, com redução de tributos para quem adota essa

ideia. Uma ONG utiliza espaços em telhados para que jovens produzam alimentos para pessoas idosas que perderam autonomia, como serviço voluntário. Em Nova Iorque há programas que incentivam pessoas de baixa renda a produzirem seus próprios alimentos, com a venda do excedente para a geração de renda extra. Em Londres supermercados fazem parcerias com comunidades para vender a produção local dos telhados cultivados. No Japão, empreendedores montam TVs e alugam parcelas para que as pessoas façam higienização mental através do cultivo de hortaliças. Ainda segundo o autor, Singapura é uma cidade que importa 95% dos alimentos que consome. Estudos apontam que se os espaços nos telhados dos prédios fossem aproveitados, a cidade teria potencial para produzir 25% do que consome.

Também Hui (2011) desenvolveu um projeto-piloto no telhado de uma escola primária em Hong Kong, levando em conta a integração de várias ações sustentáveis como a coleta e reaproveitamento da água de chuva na irrigação das culturas; para o acionamento de bombas de irrigação utilizou geração própria de energia, através de painéis fotovoltaicos; e obteve nutrientes através da compostagem de resíduos sólidos. Lembrando-se sempre de uma questão vital para os projetos de TVs: o peso adequado para as estruturas.

Nessa mesma linha de estudo Orsini *et al.*(2014) levantaram os dados sobre capacidade de produção em TVs em Bologna, Itália. Levando em conta a área total de telhados e terraços disponíveis na cidade, dados censitários e consumo per capita, cálculo da produção de legumes e hortaliças requerido e necessário para satisfação da população (além da identificação de outros benefícios ligados ao aumento de infraestrutura verde na cidade, como diversidade biológica e sequestro de carbono) concluíram que a tecnologia de TVs poderia proporcionar à cidade uma produção anual de 12.000 T satisfazendo 77% das necessidades de hortaliças da população.

Whittinghill e Rowe (2011) salientam que o uso de telhados podem amenizar problemas quanto a falta de espaços legalizados nas cidades ou o uso de solos e águas contaminadas para a produção de alimento. Com a disseminação do uso da tecnologia, problemas como custo de implementação e dificuldades técnicas podem ter uma maior quantidade de pesquisas, além de proporcionar ganhos como a economia de energia e gerenciamento de enxurradas. Al-Chalabi (2015) prevê que, dado a aumento da população mundial e sua concentração cada vez maior em megacidades, haverá a necessidade de prédios voltados exclusivamente à produção de alimentos- as “Fazendas Verticais”, e propõe inclusive estudos da superfície necessária para que os prédios sejam autossuficientes em energias renováveis.

Sanyê-Mengual *et al.* (2015) testaram a viabilidade econômica e impactos ambientais de três sistemas produtivos (hidropônico NFT, hidroponia por flutuação e caixas com solo) para cultivo de hortaliças (alface, tomate, berinjela, entre outros) sobre telhados urbanos em Bologna, chegando a interessantes arranjos economicamente viáveis, com grandes vantagens econômicas e ambientais sobre cultivos em estufas sobre telhados. Para a cultura do alface, observaram no final de dois anos de ensaio uma melhor produtividade por unidade de água no sistema de flutuação ($25\text{g massa fresca.L}^{-1}$). O sistema que usou solo foi o menos eficiente quanto ao uso da água ($2,5\text{g.L}^{-1}$). O sistema NFT apresentou uma variação entre 5 e $11,1\text{g.L}^{-1}$. O sistema NFT, segundo os autores, foi o mais impactante para o meio ambiente, pelo alto consumo de energia pelas bombas para a recirculação da solução nutritiva e baixa produtividade (1300g.m^{-2}), enquanto o solo consumiu a maior quantidade de água, com uma produção de 1500g.m^{-2} .

Taylor *et al.*, (2012) implantaram um projeto piloto de produção de alfaces hidropônicas sobre um edifício no centro de Manila, capital das Filipinas. Eles argumentam que a produção de alimentos em centros urbanos não é só rentável economicamente como gera outros benefícios, como a diminuição da pegada ecológica e de carbono, no sentido que uma produção mais próxima aos centros consumidores evita um gasto com logística (*food miles*), gerando um efeito cascata como menores emissões de gases do efeito-estufa, otimização dos recursos hídricos e possibilidade do emprego de energias alternativas no sistema produtivo. Desenvolveram experimentos envolvendo a produção de alfaces crespas sob sistema protegido por 3 camadas de sombrite, que alegaram proteger as plantas da incidência direta dos raios solares, da ação dos ventos e das chuvas pesadas. Montaram uma estrutura de 18 m^2 sobre a laje de um edifício de 6 andares, e escolheram o método de hidroponia NFT por ser leve, facilmente adaptável à falta de espaço e por otimizar o uso de água e nutrientes. O problema do alto consumo de energia, alegado pelos críticos desse sistema de produção, foi resolvido através da instalação de painéis fotovoltaicos que alimentavam as bombas de circulação da solução nutritiva e aeradores com energia captada do sol (*off-grid power supply*). Colheram plantas prontas para a comercialização após duas semanas, com médias entre 25g e 50g, conforme a variedade empregada. Segundo os autores, o total de água requerida para se produzir 100 plantas que renderam de 2,5 Kg a 5,0 Kg foi de 140 L, o que dá um total de 28 a 56 L.Kg^{-1} de massa fresca, conforme a variedade (*Fanfare* ou *Green Wave*, respectivamente). Compararam a produtividade com os dados da *WaterFootprint Network*, segundo a metodologia de 2008, que dizia que, em média, a produção de 1Kg de alface demandava uma quantidade de 130 L. Concluíram que a pegada

hídrica do método de produção apresentado era, pelo menos, a metade das estimativas mundiais.

A produção de alimentos também está intimamente ligada ao consumo de energia. S.Grewal e P.Grewal, (2012) e (2013) questionam se as cidades podem se tornar auto-suficientes em energia e alimentos, resultando em maior resiliência econômica e menor pegada ecológica para a comunidade. Tomando-se a cidade de Cleveland (Ohio) como exemplo, enquanto a totalidade dos alimentos poderia ser suprida usando-se o conjunto de lotes vazios, jardins, quintais e telhados, a energia poderia ser suprida de tecnologias de baixa liberação de carbono, como as renováveis (solar, eólica, biomassa e gás de lixo).

Sarkar, Sharma, e Malik (2014) propuseram aproveitar a força de gravidade dos grandes arranha-céus para se produzir energia elétrica a partir das águas cinzas. Tsang e Jim (2013) acentuam que o aumento da demanda por TVs segue tendências saudáveis na sociedade, mas o verdadeiro propulsor da nova tecnologia é o aumento do preço da energia aliado às medidas governamentais, embora o alto preço de instalação e a manutenção funcionem como freios na expansão.

Aloisio *et al.* (2016) estudaram a performance de duas espécies agrícolas não convencionais para produção de massa verde e capacidade de retenção de *runoff* para três substratos comerciais em telhados na cidade de Nova Iorque. Após 45 dias após semeadura, a biomassa produzida pela “Onze Horas” ou “Beldroega” (*Portulaca oleracea L.*), uma das espécies testadas, foi comparável ao tomate e pepino, sob as mesmas profundidades de substrato (11cm). Toda a biomassa da suculenta é comestível, além de conter os mais altos teores de ácidos graxos ômega das plantas terrestres, sugerindo que o valor nutricional por unidade de área é alto. A espécie pode acumular oxalato, uma substância que pode atacar o sistema urinário, por isso deve ser cozida para eliminação do problema. Das três variedades de *Amaranthus ssp.* testadas, *A. cruentus* foi a que obteve melhor produção de biomassa (95,8 g/planta), média superior às outras nove variedades que se desenvolveram no solo em outro estudo, sugerindo a boa adaptação da espécie no cultivo em telhados. Embora muitos ocidentais não conheçam a cultura, o *Amaranthus* é consumido em muitos países do globo. As folhas podem ser continuamente colhidas, sugerindo uma produção maior além do verificado neste estudo. Os resultados indicam que a resposta ao *runoff* variou para todas as espécies, estando ligado ao desenvolvimento de biomassa das raízes. *A.cruentus* reduziu 3 vezes mais *runoff* (70%) em relação ao controle que *P.oleracea* (22%). Os autores concluem que as espécies devem ser selecionadas conforme o foco do projeto, no caso produção de alimentos ou retenção de *runoff*.

Muitos outros trabalhos relatam experiências de sucesso e as tendências no número de publicações sobre o assunto são crescentes. A agricultura sobre telhados pode gerar mais resultados e impactar positivamente em favor da sustentabilidade socioambiental, que vai além da produção de alimentos. Ela envolve novas oportunidades para a melhoria no aproveitamento de recursos, novas tecnologias de produção, processos específicos de implantação, rede de profissionais qualificados, novos padrões de cadeias de abastecimento e novos espaços urbanos (THOMAIER et al., 2015).

1.4 Necessidades hídricas das culturas agrícolas

1.4.1. Evapotranspiração de Referência (ET_0)

As necessidades hídricas das culturas agrícolas dependem essencialmente das taxas de evapotranspiração (das culturas), embora que em sistemas instalados deva-se avaliar também eventuais perdas em circuitos hidráulicos de abastecimento e intrínsecos às técnicas de irrigação mais apropriadas a cada tipo de cultura (aérea, superficial, sub superficial e micro irrigação). As taxas potenciais de evapotranspiração dependem essencialmente das condições atmosféricas, de variáveis como radiação solar, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar, além das precipitações, que de certa forma são condicionadas por algumas das variáveis anteriores. Mas, as taxas reais de evapotranspiração, sobretudo em cultivos agrícolas, dependem das complexas relações entre planta, solo e atmosfera (ALLEN *et al.*, 2006).

Na literatura há ampla discussão sobre as formas para avaliar a evaporação e a transpiração das plantas. Nas primeiras fases de crescimento as taxas de evaporação do solo são mais relevantes do que as de transpiração. Mas, à medida que as plantas crescem o solo vai sendo recoberto pela vegetação, e então, as taxas de transpiração passam a ser mais relevantes. A avaliação e quantificação dos dois processos separados é complexa, e do ponto de vista do planejamento e gestão de recursos hídricos, o essencial é a determinação dos totais perdidos para a atmosfera – a evapotranspiração (ALLEN *et al.*, 2006).

A evapotranspiração potencial de referência é definida como a taxa pela qual a água imediatamente disponível nos solos é vaporizada a partir de uma superfície vegetada específica (ALLEN *et al.*, 2006). Muitos métodos clássicos para o cálculo da evapotranspiração são essencialmente empíricos e geralmente consideram como variável independente as temperaturas. A aplicação mais abrangente desses métodos depende coeficientes de ajuste também obtidos de forma empírica em experimentos “*in situ*”. Por

vezes, esses métodos encontram ampla aplicação justificada pela indisponibilidade de dados que permitam sua quantificação de forma mais precisa. De fato, a indisponibilidade de informações ou falhas nas observações das variáveis atmosféricas por vezes limitam a aplicação dos métodos denominados combinados, mais completos, que consideram os processos aerodinâmicos associados à transferência de massa e o balanço de energia em suas formulações. O Relatório 56 da FAO (ALLEN *et al.*, 2006) apresenta um roteiro com vários exemplos e alternativas viáveis para estimativa das taxas de evapotranspiração potencial (de referência) e das culturas em acordo com os dados disponíveis. Entre estes foram selecionados os métodos de “Hargreaves e Samani”, e “Penman-Monteith” para avaliação das perdas por evapotranspiração nas unidades experimentais, e são descritos em maior detalhe no capítulo 2, materiais e métodos.

Para cálculo da evapotranspiração da cultura introduz-se geralmente uma nova variável, denominada coeficiente de cultivo ou da cultura, conforme Equação 1

$$ET_c = k_c \cdot ET_0 \quad (1)$$

Onde:

ET_c é a taxa de evapotranspiração da cultura;

K_c é o coeficiente de cultivo ou da cultura;

ET_0 é a taxa de evapotranspiração potencial de referência.

As taxas de evapotranspiração potencial de referência estão associadas às medidas tomadas sob superfície de solo bem vegetada, inteiramente coberta com vegetação de grama com altura entre 8 e 15 cm de altura, bem alimentadas de umidade nos solos.

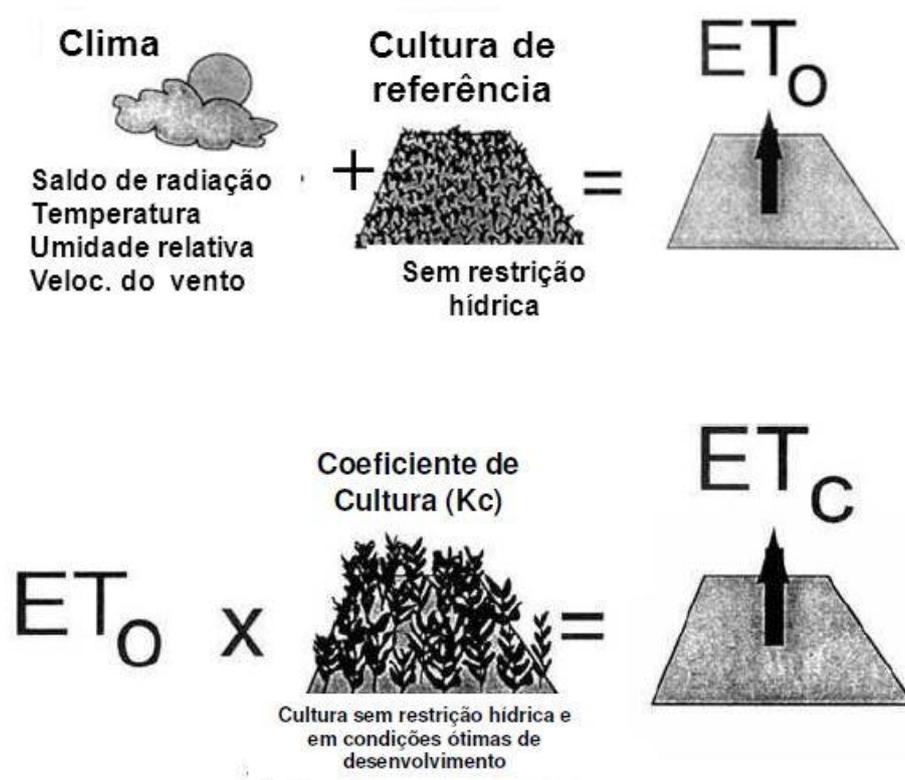
A equação de Penman-Monteith para o cálculo da Evapotranspiração de Referência (ET_0) se refere à grama como cultura de referência, requerendo dados como a radiação solar ou número de horas de sol para a estimativa do saldo de radiação à superfície da cultura, temperaturas máximas e mínimas do ar, umidade relativa para a estimativa do déficit de pressão de vapor e velocidade do vento.

O coeficiente de cultivo ou de cultura pode ser obtido em tabelas clássicas da literatura em função do tipo de cultura (soja, tomates, laranja, arroz, entre outros). Há inúmeros estudos e considerações sobre a determinação do valor deste coeficiente. Alguns estudos recomendam que o coeficiente varie sazonalmente, ou para diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento fenológico da planta (Figura 8). Também pode ser composto por duas

parcelas, sendo uma para transpiração da planta e outra para a evaporação do solo nu (ALLEN *et al.*, 2006).

Com o cálculo da evapotranspiração da cultura é possível realizar o balanço hídrico no cultivo nas coberturas, uma vez que se têm as entradas e saídas de água do sistema.

Figura 8 – Evapotranspiração de referência (ET_0);
Coeficiente da Cultura (K_c) e
Evapotranspiração da cultura (ET_c)

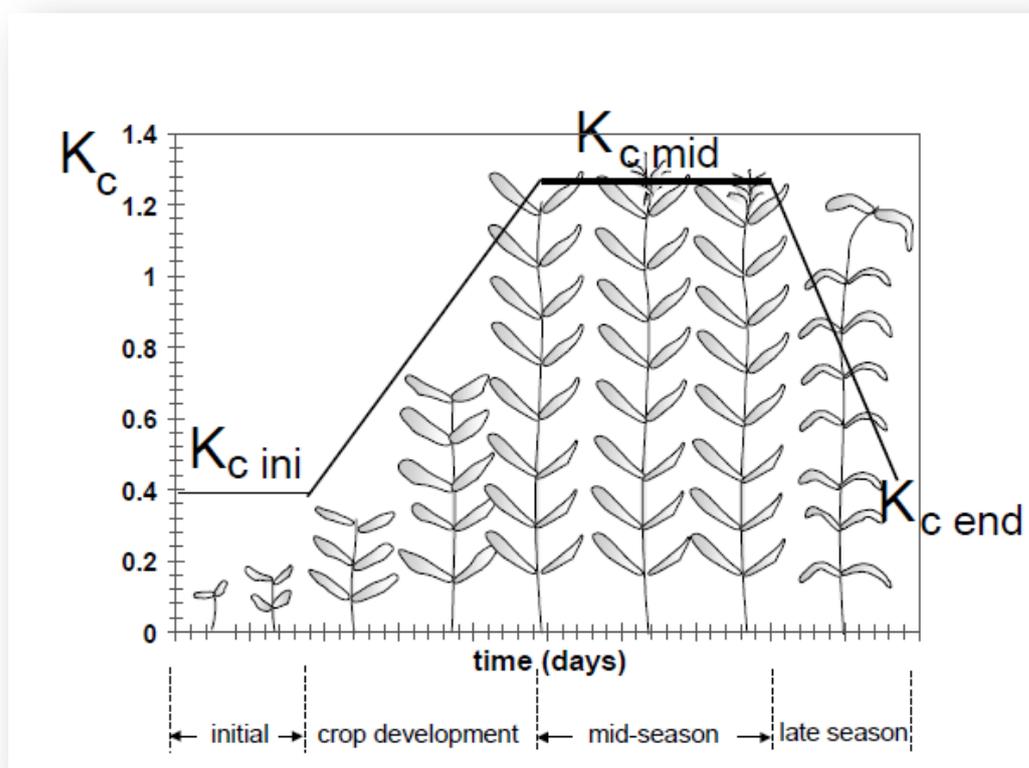


Fonte: RELATÓRIO FAO N.56, 2006, p.6.

1.4.2. Coeficiente da cultura (K_c)

A FAO, através do relatório para Irrigação e Drenagem (FAO-56, Tabela 12, página 110), recomenda os seguintes K_c baseados no desenvolvimento fenológico da cultura de alface: K_c inicial = 0,7; K_c médio = 1,00 e K_c final = 0,95.

Figura 9 - Representação clássica dos coeficientes de cultura segundo desenvolvimento fenológico de uma cultura

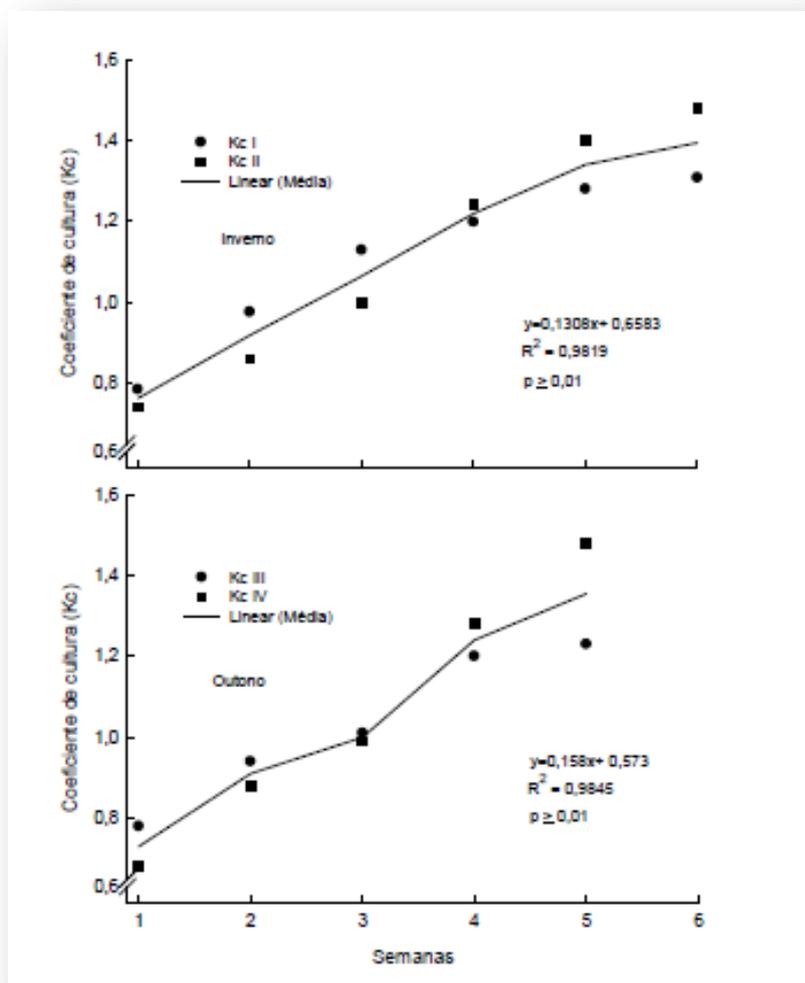


Fonte: RELATÓRIO FAO N.56, 2006, p.100.

A EMBRAPA recomenda valores de K_c para alfaces irrigadas por aspersão nas seguintes proporções: K_c inicial= 0,6 a 0,7; K_c desenvolvimento vegetativo= 0,7 a 0,8; K_c maturação= 0,95 a 1,0 e K_c final= 0,9 a 1,0 (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2008).

Medici *et al.* (2014), trabalhando com produção de alface orgânica em condições de campo em Seropédica (RJ), relata que a evapotranspiração da cultura (ET_c) foi determinada multiplicando a ET_0 pelos coeficientes de cultivo da alface (K_c) em função de cada fase de desenvolvimento da cultura (0,7 inicial; 0,85 vegetativo; 1,0 produção e 0,95 maturação) e cita como fonte de informação os pesquisadores da EMBRAPA. MAROUELLI *et al.* (1996) e ALLEN *et al.* (1998), os quais foram corrigidos, conforme metodologia também apresentada por ALLEN *et al.* (1998). Segundo os cálculos dos pesquisadores da UFRRJ, a ET_0 acumulada no período de Inverno totalizou 128,8 mm para um ciclo de 38 dias e foi calculada através da evaporação da lâmina de água de um Tanque Classe "A".

Figura 10: Coeficiente de cultura (K_C) para a cultura da alface crespa Verônica, em duas épocas do ano. Pato Branco – PR.



Fonte: NUNES *et al.*, 2009, p. 45.

Segundo NUNES *et al.*(2009) O comportamento do K_C da alface ao longo do seu desenvolvimento mostra-se diferente em relação a outras culturas. Citando Farahani *et al.* (2008) os autores lembram que, para culturas como legumes ou grãos, normalmente há uma diminuição nos valores do K_C nas fases finais do desenvolvimento. Este comportamento ocorre em função da maturação fisiológica, época onde as plantas reduzem o consumo de água (Figura 9). Na cultura da alface não há a diminuição nos valores finais do, K_C uma vez que a mesma é colhida antes da ocorrência da maturação fisiológica. Isto faz com que o K_C tenha um aumento linear em seus valores (Figura 10). Nos cultivos de Inverno e Outono o

valor máximo de K_C calculado foi de aproximadamente 1,40. Este valor foi maior do que aqueles recomendados pela FAO (1,00).

Segundo as observações feitas por Silva *et al.* (1999), o maior consumo relativo de água na cultura da alface ocorreu na ocasião da colheita. Portanto, o valor de K_C a ser usado na elaboração de um projeto de irrigação desta cultura deveria ser o máximo observado para atender as necessidades das plantas na sua plenitude de desenvolvimento comercial, e não fenológico (a não ser que a produção seja voltada para a produção de sementes de alface). Os autores recomendam K_C que variam de 0,4 a 1,2 (embora tabelas apresente K_C m de 1,44 na colheita e gráficos de regressão com curvas sempre ascendente) segundo uma escala de graus-dias, relacionados com variação da temperatura e não com os dias após plantio.

1.5 Métodos convencionais de produção da alface

A alface (*Lactuca sativa*) tem sido escolhida no Projeto HIDROCIDADES como cultura experimental pela importância no hábito alimentar da população, sendo a principal folhagem presente na mesa dos brasileiros, como comprovam os dados de comercialização das Centrais de Abastecimento do Rio, São Paulo e Minas Gerais, por exemplo. A variedade crespa “Amanda” tem sido bastante plantada na região serrana do Rio, cinturão verde que abastece toda região metropolitana e sede do viveirista responsável pelas mudas desse experimento. Segundo o catálogo da empresa produtora das sementes, a variedade Amanda é uma planta grande e vigorosa, com um ciclo médio entre 70 e 75 dias e excelente desempenho tanto em campo aberto como em hidroponia e com alta tolerância ao “Tip Burn”, uma desordem nutricional causada pela deficiência de cálcio e muito comum nos cultivos hidropônicos.

A grande maioria da alface cultivada no Brasil, seja para o consumo familiar quanto o abastecimento do mercado, têm sido produzidas em campo aberto, cultivadas em canteiros e irrigados por sistemas de aspersão, com inúmeras perdas e limitações no cultivo de verão (SALA; COSTA, 2012). Devido ao aumento do poder aquisitivo da população, novos hábitos alimentares, à crescente exigência do mercado por novas variedades e pelo aumento da qualidade dos produtos oferecidos, o sistema de produção em ambientes “protegidos” das intempéries do clima por filmes plásticos (e muitas vezes “controlados”, quando os produtores fazem uso de tecnologias que permitem o controle do microclima no interior das estufas) vêm se tornando uma realidade no país. A Figura 11 ilustra sistemas convencionais de cultivo (a), protegido em canteiros (b), Hidroponia tipo NFT (c) e *Floating* (d).

Figura 11 – Sistemas de produção de alface (Convencional, Protegido em canteiros, Hidroponia NFT e “Floating”)



Legenda: (a) sistemas convencionais de cultivo, (b) protegido em canteiros, (c) Hidroponia tipo NFT e (d) *Floating*
 Fonte: EMATER, 2014.

A Hidroponia (e suas variações) é um sistema de produção de alimentos que vem se desenvolvendo graças ao aperfeiçoamento de uma série de tecnologias existentes que permitem ao agricultor diminuir os elevados custos de produção, característicos dos sistemas convencionais, pelo uso mais racional dos insumos, mais notadamente a água. Além disso, o desenvolvimento urbano e a especulação imobiliária afastam os produtores das regiões periurbanas, muitas vezes para áreas onde os solos e outros recursos naturais existem em piores e menores quantidades (FERNANDES *et al.*, 2013).

Entre os métodos de hidroponia, o sistema de circulação de nutrientes – NFT (*Nutrient Film Technique*), introduzido pelo pesquisador inglês Allen Cooper em 1965, vem sendo o preferido por parte dos agricultores que optam por novos sistemas de produção (MOURA,

2007). Consiste na circulação de uma solução nutritiva completa composta por sais dissolvidos na água da irrigação (Tabela 1) em forma de um filme de fluxo intermitente sobre canaletas dispostas a um declive de 2 a 4%, onde se encontram as plantas. No sistema NFT as plantas se desenvolvem com 2/3 de suas raízes submersas na solução, donde retiram água, nutrientes e parte do oxigênio necessários ao seu desenvolvimento, enquanto que a porção restante do sistema radicular se desenvolve ao ar livre, podendo absorver o oxigênio restante (MOURA, 2007).

Tabela 1 - Faixas de condutividade elétrica para soluções nutritivas

Condutividade Elétrica mS cm ⁻¹	Interpretação
< 0,24	Baixa
0,25 - 0,75	Adequada para mudas pequenas e plantas sensíveis à salinidade
0,76 - 1,75	Adequada para plantas já estabelecidas ou adultas. Faixas superiores podem reduzir o crescimento de espécies e variedades mais sensíveis.
1,76 - 2,25	Elevada, os limites superiores podem resultar em "queimas" de bordos das folhas. Nesses níveis não se recomenda deixar secar o substrato.
> 2,25	Alto potencial de queima das folhas, com danos ao sistema radicular e paralização do crescimento. Possíveis sintomas de murchamento das plantas.

Fonte: EMATER, 2010.

Um dos pontos críticos desse sistema de produção vem a ser o manejo, o controle dos intervalos de aplicação da solução nutritiva (ZOLNIER *et al.*, 2004). Basicamente há duas técnicas majoritariamente usadas pelos agricultores na aplicação das soluções nutritivas às culturas: uma mais rudimentar, através de temporizadores e aquelas baseadas no uso racional dos fatores de produção, através da estimativa da evapotranspiração. Em decorrência da ausência de substrato neste sistema de cultivo, as estimativas de evapotranspiração precisam ser realizadas em curtos períodos de tempo, necessitando-se de um monitoramento contínuo das variáveis meteorológicas no ambiente de cultivo, muitas vezes inacessíveis aos pequenos agricultores (ZOLNIER *et al.*, 2004).

O sistema "floating" é um sistema bastante simples baseado na recirculação da solução nutritiva em superfícies planas, tipo piscina ou poços, onde as plantas crescem sobre placas flutuantes de poliestireno. Dentre as vantagens comparativas estão a precocidade, as altas

densidades de plantio com maior produção de folhas por área e plantas sem partículas de solo, exigindo um preparo mínimo para o consumo.(TOMASI *et al.*, 2014)

Os autores apontam outras vantagens de sistemas hidropônicos como a possibilidade de ocupação de áreas impróprias para a agricultura, a maior eficiência no uso da água, a elevada produtividade, menor impacto no meio ambiente como erosões e lixiviação de nutrientes, aproveitamento de águas residuais, o uso da fertirrigação, entre outros.

O Quadro 4, no ANEXO A, apresenta uma compilação de trabalhos nacionais e internacionais com dados de desempenho agrônômico de variedades de alface cultivadas sob diferentes sistemas de produção e sob diversas lâminas de irrigação. Esses trabalhos serviram para a contextualização dos resultados experimentais obtidos e são citados de forma oportuna no capítulo 3 na apresentação e discussão de resultados.

1.6 Análises estatísticas

Segundo, Carvalho (2007) *apud* Scudino (2008) a inferência estatística preocupa-se em estimar o verdadeiro valor desconhecido dos parâmetros de uma população e testar hipóteses com respeito aos parâmetros estimados, ou a natureza da distribuição da população. Existem duas classificações dos testes de hipóteses: os paramétricos (conhece a distribuição dos dados) e os não paramétricos (não se conhece a distribuição dos dados). O pesquisador em sua tarefa de analisar os dados necessita identificar quais testes serão utilizados e, antes de tudo, identificar sua hipótese na pesquisa e escolher a técnica de coleta de dados.

A distribuição de dados dita Normal é a mais familiar das distribuições de probabilidade e também uma das mais importantes em estatística, pois muitos fenômenos aleatórios comportam-se próximos a essa distribuição como peso, altura, etc. Tomando o exemplo de um histograma de distribuição de dados (altura da população, por exemplo), numa distribuição normal a distribuição dos valores é aproximadamente simétrica em torno da média, sendo que a maioria se encontra dentro de um intervalo calculado e uma pequena proporção de dados se encontra abaixo ou acima desse intervalo. A partir desse histograma pode-se construir uma curva contínua de distribuição chamada Curva Normal ou de Gauss (Gráfico 2).

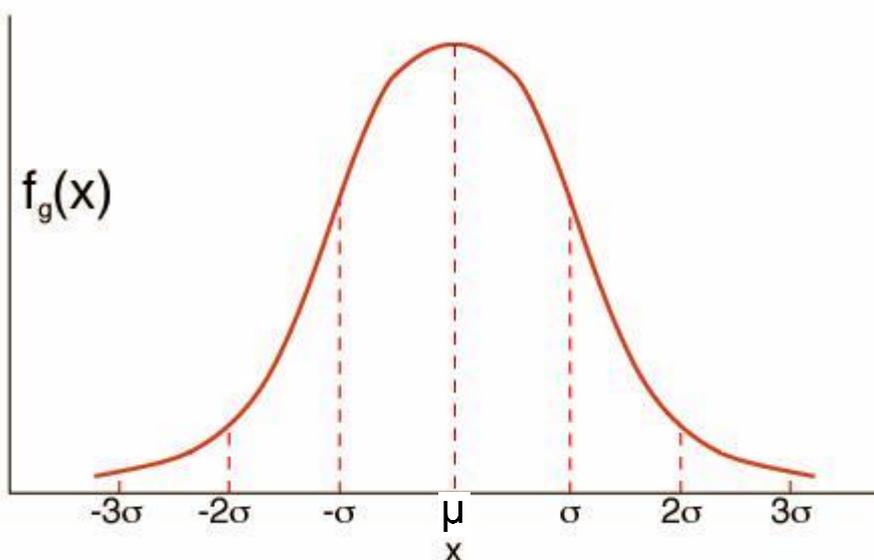
A equação da curva Normal é especificada usando 2 parâmetros: a média μ , e o desvio padrão σ . Denotamos $N(\mu, \sigma)$ à curva Normal com média μ e desvio padrão σ .

A média populacional refere-se ao centro da distribuição e o desvio padrão populacional ao espalhamento (ou achatamento) da curva. A distribuição normal é simétrica

em torno da média o que implica que a média, a mediana e a moda são todas coincidentes. Para referência, a curva obedece à seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (2)$$

Gráfico 2 – Curva normal de distribuição



Fonte: IME-USP, 2014

Nos estudos em pesquisas quantitativas, são formuladas hipóteses acerca de uma dada amostra, que serão submetidas a testes específicos. De acordo com Devore (2006) *apud* Scudino (2008), uma hipótese estatística é uma alegação ou afirmação sobre o valor de um único parâmetro, ou sobre os valores de vários parâmetros, ou sobre a forma de uma distribuição de probabilidade inteira. Nos testes de hipóteses, existem duas suposições contraditórias em consideração. O objetivo é decidir, com base nas informações da amostra, qual das duas hipóteses está correta. Então, no teste de hipóteses estatísticas, o problema será formulado de modo que uma das alegações seja inicialmente favorecida (hipótese nula). Tal alegação não será rejeitada em favor da alegação alternativa, a menos que a evidência da amostra contradiga e forneça forte apoio à afirmação alternativa para o nível de confiança previamente estipulado no teste (LEVIN, 1987).

Se uma hipótese for rejeitada quando deveria ser aceita, diz-se que foi cometido o erro do tipo I. Se, por outro lado, for aceita uma hipótese que deveria ser rejeitada, diz-se que foi

cometido um erro do tipo II. Em ambos os casos ocorreu uma decisão errada ou um erro de julgamento (LEVINE *et al.*, 2014).

Para testar uma hipótese estabelecida, a probabilidade máxima com o qual se pode correr o Erro do tipo I é denominada nível de significância do teste, representado por α (SPIEGEL (1993), *apud* Scudino (2008)). Usualmente são escolhidos os seguintes níveis $\alpha = 0,01$ ou $0,05$, isto é, se escolhido o índice de $0,01$, então existe 1 chance em 100, da hipótese ser rejeitada. Da mesma maneira podemos dizer que existe uma confiança de 99% de que se tome a decisão certa. Supondo que a hipótese nula seja verdadeira e que a probabilidade de se obter um efeito devido ao erro amostral seja menor do que 1%, o achado é dito significativo. Se a probabilidade for maior que 1%, o achado é dito não significativo (DANCEY; REIDEY, 2006). Na resposta dos testes de hipóteses, um valor é comparado com o nível de significância previamente escolhido, sendo chamado de p-valor ou valor p, isto é, valor do poder do teste. O p-valor (nível de significância observado) é o menor nível de significância em que H_0 seria rejeitada, quando um procedimento de teste específico é usado em um determinado conjunto de dados. Assim, quando $p - \text{valor} \leq \alpha$ implica na rejeição de H_0 no nível α , consequentemente se $p - \text{valor} > \alpha$ implica na não rejeição de H_0 no nível α . Então, em vários estudos as respostas poderão vir referenciando o nível de significância ou p – valor (LEVINE *et al.*, 2014)

O teste paramétrico, sob normalidade, mais usual em experimentos com um fator, com mais de dois níveis de interesse, é o F da análise de variância (ANOVA), que pode ser realizado segundo os delineamentos inteiramente casualizados (DIC) e em blocos casualizados (DBC) (REIS; JÚNIOR, 2007).

1.6.1 Teste de Levene

Um procedimento para identificar se as variâncias são iguais ou não é o teste de Levene. O mesmo pode ser apresentado de duas formas: original (onde se trabalha com a média de cada grupo) e o modificado, utilizado nesse trabalho, onde se trabalha com a mediana de cada grupo.

Muitas técnicas estatísticas requerem a suposição de igualdade de variâncias das variáveis de interesse para as populações envolvidas. Quando a suposição de normalidade é violada, o tamanho do teste (taxa de rejeição da hipótese nula, quando ela é verdadeira) pode ser muito maior do que o nível de significância fixado. Um procedimento relativamente insensível a desvios da normalidade é o teste de Levene. Este teste é robusto, já que, na

ausência de normalidade, seu tamanho real é próximo do nível de significância fixado para uma grande variedade de distribuições de probabilidades (DE ALMEIDA; ELIAN; NOBRE, 2008).

Levene propôs uma estatística para testar igualdade de variâncias para estudos balanceados; posteriormente foi generalizada para estudos desbalanceados. A estatística é obtida a partir de uma análise de variância com um único fator, já que os níveis são as populações; cada observação i substituída pelo desvio absoluto da variável em relação à média do seu respectivo grupo (DE ALMEIDA; ELIAN; NOBRE, 2008).

No entanto, para uma variedade de distribuições G_i , por exemplo, distribuições normais, distribuições simétricas com caudas pesadas tais como a exponencial dupla e a t de Student com quatro graus de liberdade, em níveis de significâncias usuais, $\alpha = 0.01, 0.05$ ou 0.10 e amostras para cada grupo de tamanho pelo menos igual a 10 (i.e., $n_i \geq 10, i = 1, \dots, k$), o teste de Levene se mostra robusto (DE ALMEIDA; ELIAN; NOBRE, 2008).

1.6.2 Análise da Variância para um fator

A Análise de Variância (ANOVA) é um procedimento utilizado para comparar dois ou mais tratamentos. Existem muitas variações da ANOVA devido aos diferentes tipos de experimentos que podem ser realizados. Em um experimento, um fator pode ter várias categorias que são chamadas de níveis (LEVINE *et al.*, 2014).

Um tratamento é uma condição imposta ou objeto que se deseja medir ou avaliar em um experimento. Os tratamentos podem ser doses ou tamanhos diferentes de um mesmo objeto de estudo e são ditos tratamentos quantitativos. Já os tratamentos que não obedecem a uma ordem crescente ou decrescente de quantidades, mas confrontados entre si como desempenho de variedades de plantas, métodos analíticos ou marcas de equipamentos são ditos tratamentos qualitativos. Cada tipo de tratamento também pode ser chamado de um fator. (LEVINE *et al.*, 2014) Com a finalidade de reduzir o erro experimental, existem os chamados delineamentos experimentais. Um delineamento experimental é a forma como os tratamentos ou níveis de um fator são dispostos, dentro de unidades experimentais ou parcelas, e suas repetições (LEVINE *et al.*, 2014).

Em um experimento, existe o interesse em testar se há diferenças entre as médias dos tratamentos, o que equivale a testar as hipóteses: (LEVINE *et al.*, 2014)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_c$$

H_0 : Hipótese nula, afirma que não existe nenhuma diferença em absoluto em relação às médias aritméticas dos tratamentos estudados.

$H_1 : \mu_i \neq \mu_{i'}$ para pelo menos um par (i, i') , com $i \neq i'$ em que:

H_1 : Hipótese alternativa, afirma que nem todas as médias são iguais.

Note que, se a hipótese nula for verdadeira, todos os tratamentos terão uma média comum μ .

A análise de variância baseia-se na decomposição da variação total da variável resposta em partes que podem ser atribuídas aos tratamentos (variância entre os grupos) e ao erro experimental (variância dentro dos grupos) . Essa variação pode ser medida por meio das somas de quadrados definidas para cada um dos seguintes componentes: (LEVINE *et al.*, 2014)

$$SQ_E = \sum_{j=1}^c (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 \quad (3)$$

$$SQ_D = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad (4)$$

$$SQ_{total} = SQ_E + SQ_D \quad (5)$$

Onde SQ_E é a soma quadrática entre grupos e SQ_D é a soma quadrática dentro dos grupos; c é o número de grupos comparados na ANOVA, enquanto n_j é o número de repetições para cada tratamento.

Após o cálculo das somas quadráticas, são calculadas as médias quadráticas, dividindo a soma quadrática pelo grau de liberdade associado, como pode ser observado na tabela da ANOVA (Tabela 2).

Para testar a hipótese H_0 , utiliza-se o teste F apresentado na tabela da Análise de Variância (Tabela 2). Convém lembrar que esse teste é válido se os pressupostos assumidos para os erros do modelo estiverem satisfeitos, isto é, os erros dos tratamentos e das unidades experimentais devem ser independentes e identicamente distribuídos (distribuição normal e variância homogênea). O valor de F é calculado a partir da razão entre as médias quadráticas

entre grupos e dentro dos grupos. Tal valor deve ser comparado com o valor tabelado para $c - 1$ graus de liberdade no numerador e $n - c$ graus de liberdade no denominador para o nível de significância escolhido (LEVINE *et al.*, 2014).

Tabela 2 – Tabela de Análise de Variância

Causas de Variação	de Graus de Liberdade	de Soma de Quadrados	de Médias Quadráticas	F Calculado
Tratamentos	c-1	SQ_{Trat}	MQ_{Trat}	$MQ_{\text{Trat}}/MQ_{\text{Res}}$
Resíduos	n-c	SQ_{Res}	MQ_{Res}	
Total	n-1	SQ_{Total}		

Fonte: ADAPTADO DE UFPR, 2009.

Se “F” calculado > “F” tabelado, rejeitamos a hipótese nula (H_0), ou seja, existem evidências de diferença significativas entre pelo menos um par de médias de tratamentos, no nível α de significância escolhido. Caso contrário, não rejeitamos a hipótese nula H_0 (LEVINE *et al.*, 2014). Outra maneira de avaliar a significância da estatística “F” é utilizando o p-valor. Se o p-valor < α , rejeitamos a hipótese nula H_0 . Caso contrário, não rejeitamos, ou seja, não há evidências de diferenças significativas entre os tratamentos, no nível α de significância escolhido (LEVINE *et al.*, 2014).

1.6.3 Teste t de *Student*

O teste t para duas amostras é usado quando temos duas condições e se precisa saber se as diferenças entre as médias das amostras são grandes o suficiente para que se possa concluir que as diferenças ocorrem somente devido à influência da variável independente. Ele avalia as diferenças significativas entre as médias $\mu_1 - \mu_2$ das duas condições (DANCEY & REIDY, 2006). Ambas as populações são normais de modo que as amostras aleatórias de uma distribuição amostral X_1, X_2, \dots, X_m e Y_1, Y_2, \dots, Y_n , com X_0 s e Y_0 s independentes entre si.

A estatística do teste com distribuição da população normal e variável padronizada:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (6)$$

As hipóteses seguem a seguinte estrutura:

H0 : $\mu_1 = \mu_2$ não existe diferença entre as médias das populações;

H1 : $\mu_1 \neq \mu_2$, existe diferença entre as médias das populações;

Tabela 3 – Teste t de *Student*

Hipótese alternativa	Região de rejeição ao nível α
H1 : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	$t > t_{\alpha, v}$
H1 : $\mu_1 - \mu_2 < 0$	$t < t_{\alpha, v}$
H1 : $\mu_1 \neq \mu_2$	ou $t > t_{\alpha/2, v}$ ou $t < t_{\alpha/2, v}$

Fonte: ADAPTADO de LEVINI et al., 2014

1.6.4 Teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas

Segundo Levine *et al.* (2014) o procedimento de Tukey-Kramer possibilita a comparação simultânea entre todos os pares do grupo. São 4 as etapas para se construir as comparações:

- Cálculo das diferenças absolutas entre as médias aritméticas, $|\bar{X}_j - \bar{X}_{j'}|$ (em que $j \neq j'$) entre todos os $c(c-1)/2$ pares de média aritmética
- Cálculo do Intervalo crítico para o procedimento de Tukey-Kramer utilizando a Equação(2)

$$\text{Intervalo Crítico} = Q_{\alpha} \sqrt{\frac{MQD}{2} \left(\frac{1}{n_j} + \frac{1}{n_{j'}} \right)} \quad (7)$$

Em que Q_{α} é o valor crítico da cauda superior, a partir da distribuição de intervalos de *Student*, contendo c graus de liberdade no numerador e $n-c$ graus de liberdade no denominador

- Comparar cada um dos $c(c-1)/2$ pares de médias aritméticas com seu intervalo crítico correspondente. Declara-se um par específico como significativamente diferente caso a diferença absoluta nas médias das amostras $|\bar{X}_j - \bar{X}_j|$ seja maior do que o intervalo crítico.
- Interpretação dos dados.

1.6.5 Análise da Variância para dois ou mais fatores

Dentre as vantagens de se aplicar a metodologia estatística de experimentos fatoriais está a possibilidade de estudar os efeitos isolados e principais de cada fator analisado, e as interações entre eles. Além do mais, todas as parcelas são utilizadas no cálculo dos efeitos principais dos fatores e dos efeitos das interações (razão pelo qual o número de repetições é elevado), tornando a análises mais fidedignas. (LEVINE *et al.*, 2014)

Aplicando o modelo de ANOVA de dois fatores espera-se reduzir a variância não explicada (Resíduo), uma vez que esta pode provir da variação entre grupos do segundo fator, e essa passa a ser contabilizada. Passa-se a ter então 3 fatores que variam: a variação devido ao fator A, ao B e a variação não explicada pelo modelo. (LEVINE *et al.*, 2014)

Como os tratamentos são constituídos por todas as combinações possíveis entre os níveis dos diversos fatores, o número de tratamentos se eleva grandemente; a análise estatística é mais trabalhosa e a interpretação dos resultados se torna mais difícil à medida que aumentamos o número de níveis e de fatores no experimento, situação essa retratada como uma desvantagem do método. (LEVINE *et al.*, 2014)

No caso da análise de variância de dois fatores, temos “a” níveis do fator A e “b” níveis do fator B, arranjos de tal forma que temos muitas combinações possíveis da interação desses fatores e seus sub níveis. Para se interpretar os resultados há a necessidade de se testar, inicialmente, se existe um efeito de interação entre o fator A e fator B. Se o efeito da interação for significativo, então análises posteriores se concentrarão nessa interação. Se o efeito da interação não for significativo, então pode se concentrar nos efeitos principais, ou seja, potenciais diferenças no fator A e B. (LEVINE *et al.*, 2014)

Semelhante à análise de variância para um fator, um “F estat” é calculado através da interação de médias e desvios padrões de cada elemento que compõe o tratamento, sendo também analisada a interação entre os tratamentos para se rejeitar ou não a hipótese nula dentro de nível de significância “ α ” previamente estipulado.

Segundo Levine *et al.*, (2014), considerando nossas hipóteses de interesse:

Para o fator A:

$$H_0: A_1 = A_2 = \dots = A_a = 0 \text{ (não existe efeito do fator A)}$$

$$H_1: A_i \neq 0 \text{ para pelo menos um } i \text{ (existe efeito do fator A)}$$

Para o fator B:

$$H_0: B_1 = B_2 = \dots = B_b = 0 \text{ (não existe efeito do fator B)}$$

$$H_1: B_j \neq 0 \text{ para pelo menos um } j \text{ (existe efeito do fator B)}$$

Para a interação entre os fatores A e B:

$$H_0 \text{ não existe interação entre o fator A e o fator B}$$

$$H_1: \text{ existe interação entre o fator A e o fator B}$$

Tabela 4 – Tabela ANOVA de dois fatores

Fonte	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	F
A	$r - 1$	SQA	$MQA = \frac{SQA}{r - 1}$	$F_{estat} = \frac{MQA}{MQR}$
B	$c - 1$	SQB	$MQB = \frac{SQB}{c - 1}$	$F_{estat} = \frac{MQB}{MQR}$
AB	$(r - 1)(c - 1)$	$SQAB$	$MQAB = \frac{SQAB}{(r - 1)(c - 1)}$	$F_{estat} = \frac{MQAB}{MQR}$
Erro	$rc(n' - 1)$	SQR	$MQR = \frac{SQR}{rc(n' - 1)}$	
Total	$n - 1$	STQ		

Fonte : UFPR, 2009

1.6.5.1 Teste de comparação de médias

Quando a interação não é significativa ao nível α de significância, então partimos para a comparação de médias entre os níveis do fator A e médias entre os níveis do fator B.

Quando a interação é significativa ao nível α de significância, temos a indicação da existência de dependência entre os efeitos dos fatores A e B.

Quando a interação é significativa ao nível α de significância há o desdobramento da interação (AxB): o estudo do comportamento do fator A dentro de cada nível do fator B e o estudo do comportamento do fator B dentro de cada nível do fator A.

Considerando a existência de interação significativa, não se deve interpretar os efeitos principais isoladamente, partindo para o estudo da variação de um dos fatores dentro do nível do outro fator com o qual ele interagiu. Se não houve interação entre os fatores, interpreta-se os efeitos principais de cada fator sem se preocupar com os outros fatores em estudo. (LEVINE et al., 2014)

1.6.5.2 Teste de Tukey-Kramer para Comparações Múltiplas

Uma vez que o teste F de ANOVA nos diz se há ou não diferença entre os tratamentos, mas não especifica qual tratamento difere um do outro, podemos determinar os níveis específicos que sejam significativamente diferentes utilizando o procedimento de múltiplas comparações de Tukey para ANOVA de um ou dois fatores. (LEVINE *et al.*, 2014)

Para o Fator A

A hipótese nula $H_0: \mu_r = \mu_s$ (os níveis r e s do fator A têm médias iguais) é rejeitada se

$$|\bar{x}_{r\cdot} - \bar{x}_{s\cdot}| \geq IC$$

Onde IC é o intervalo crítico

O intervalo crítico para o fator A é dado por:

$$\text{Intervalo crítico} = Q\alpha \sqrt{\frac{MQR}{rn'}} \quad (8)$$

Onde $Q\alpha$ é o valor crítico da cauda superior, a partir de uma distribuição de intervalos de *Student*, com r e rc ($n'-1$) graus de liberdade no numerador e denominador respectivamente.

Para o Fator B

A hipótese nula $H_0: \mu_r = \mu_s$ (os níveis r e s do fator B têm médias iguais) é rejeitada se

$$|\bar{x}_{\bullet r} - \bar{x}_{\bullet s}| \geq IC$$

onde, IC é o *intervalo crítico*.

O intervalo crítico para o fator B é dado por:

$$\text{Intervalo crítico} = Q\alpha \sqrt{\frac{MQR}{rn'}} \quad (9)$$

Onde $Q\alpha$ é o valor crítico da cauda superior, a partir de uma distribuição de intervalos de *Student*, com c e $rc(n'-1)$ graus de liberdade no numerador e denominador respectivamente.

1.7 A Análise SWOT

O acrônimo SWOT provém das iniciais das palavras da língua inglesa *Strengths, Weaknesses Opportunities e Threats*, correspondendo em português à Análise FOFA (forças, oportunidades, fraquezas e ameaças).

Originada nos anos sessenta, na escola de Havard, como uma ferramenta de marketing, sonda a situação corrente e tendências, esperando como resultado o entendimento da realidade e o estabelecimento de estratégias para se alcançar as metas desejadas. (JAVANMARD; MAHMOUDI, 2008). Tem como componentes os indicadores da situação interna, ditos “controláveis ou intrínsecos”, descritos como forças e fraquezas, e os indicadores da situação externas, dadas pelo mercado ou políticas do governo (por exemplo), às quais os indivíduos ou organizações estão sujeitos (não tendo poder direto de atuação), descritos como oportunidades e ameaças.

A análise das forças versus fraquezas no âmbito interno, e das oportunidades versus ameaças, no externo, resulta uma lista de metas e prioridades de ações a serem tomadas num curto, médio e longo prazo. O uso correto dessa valiosa ferramenta, embora uma primeira e rudimentar análise no campo estratégico da avaliação de projetos (PANAGIOTOU, 2003), proporciona aos tomadores de decisão a consideração de importantes aspectos do meio onde estão inseridos.

Na produção agrícola há inúmeros artigos onde pesquisadores se utilizam dessa análise para, a partir da identificação dos aspectos positivos e negativos, e assim traçar

estratégias de atuação. A FAO, em trabalho publicado sobre mercado de produtos orgânicos em países como Chile e Argentina (FAO 2001) cita vários casos onde emprega a análise SWOT. Bhatta, Doppler e Bahadur (2009) fazem uso de SWOT como um dos objetivos para identificar as limitações e potenciais na agricultura orgânica do Nepal. Singh, Tegegne e Ekenem (2012) fazem uso da ferramenta para a identificação de desafios e oportunidades na indústria de alimentos processados na Índia. Na avaliação do potencial da agricultura urbana em telhados em Hong Kong, Hui, (2011) apresenta no final do seu trabalho um quadro de análise SWOT sobre o assunto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização das unidades experimentais

As unidades experimentais estão localizadas na cobertura do Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha, edifício de cinco pavimentos, localizado no Campus “Francisco Negrão de Lima” da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), à Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, denominado Campus Maracanã (Figura 12).

Em termos de situação da drenagem natural, a UERJ se localiza na bacia hidrográfica do Rio Joana. É uma bacia urbana com uma alta densidade populacional, cortada por avenidas de tráfego intenso e sujeita às enchentes devido ao solo impermeabilizado e aos vários afluentes que convergem a um mesmo local, os entornos do Estádio do Maracanã. Chuvas volumosas e intensas, de até 200 mm em poucas horas, ocorrem durante o verão quente e úmido, causando inundações e com elas a interrupção de vias importantes que dão acesso ao centro da cidade, causando prejuízos diretos e indiretos à grande parte da população carioca.

A cidade do Rio de Janeiro está localizada na Região Sudeste do Brasil, entre a latitude 22°54’S e longitude 43°14’W, próximo ao Trópico de Capricórnio Possui clima tropical do tipo “Af” segundo Köppen-Geiger, clima este que só aparece numa pequena área do Estado (2,1% do seu território), que inclui a Capital, Niterói e áreas costeiras em direção ao Sul, sempre faceando o Oceano Atlântico (ALVARES *et al.*, 2013). É a segunda maior cidade do país e a terceira maior área metropolitana da América do Sul. Com 1.260 km² de extensão e abriga uma população de 6,453 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Em 2011 o PIB da cidade foi o segundo maior entre as cidades brasileiras.

Figura 12 - Localização do experimento no Campus Maracanã da UERJ (Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha)



Fonte: Reprodução pôster Setor Administração, 2016.

A economia é baseada principalmente em serviços-86%. O restante provém da indústria do petróleo e mineração, sendo ínfima a participação da agricultura – apenas 0,04% do PIB. A cidade se desenvolveu entre o mar e morros que chegam a altitudes de 1.024m. É cercada pelo Oceano Atlântico, pela Baía de Guanabara e de Sepetiba, numa extensão de aproximadamente 200 Km de praias. Conta com duas das maiores florestas urbanas do mundo - a Floresta da Tijuca e o Maciço da Pedra Branca, além do maciço de Gericinó, que ocupam uma área de 293,7 Km², ou seja, praticamente um quarto do município está acima da cota 100 m e por isso dentro de reservas legais. Juntos, formam um cenário único, que levou o Rio a ser célebre internacionalmente por sua beleza e ganhar o epíteto de “Cidade Maravilhosa”.

De um total de 2,1 milhões de domicílios na cidade (com uma média de 3 moradores) quase a totalidade dos domicílios onde a renda ultrapassa os dez salários mínimos (5,0 % das famílias cariocas) se concentram nas zonas litorâneas Sul e Barra da Tijuca da cidade. As outras faixas de renda dos domicílios que ganham até 01 salário mínimo (35,7%) e entre 1 e 10 salários (55%), além dos domicílios onde os moradores não possuem renda (4,3%), estão distribuídos pelo restante da cidade, entre as zonas Norte e Oeste, e mesmo na valorizada Zona Sul, vivendo nas muitas favelas existentes no local. Mesmo sendo a segunda cidade maior e mais rica do país, essa riqueza não está distribuída entre seus cidadãos, como prova o elevado número de habitantes vivendo em favelas, agravando um quadro de desafios sócio-econômicos-ambientais que a cidade enfrenta. Um quinto de sua população (1.443.773 habitantes) está distribuída em mais de 340.000 domicílios e vive em mais de 1.100 favelas, que ocupam uma área de 46 km² - 3,6% da área do município, gerando grandes densidades populacionais na razão de 31.300 hab.km⁻² (IPP Rio de Janeiro, 2015). Tal configuração geográfica favoreceu o aparecimento de áreas de risco socioambientais devido à ocupação por parte da população menos favorecida de áreas de encosta, várzeas e margens de rios e lagoas inundáveis. Problemas como o saneamento básico e fornecimento de água potável a toda população, além do avanço indiscriminado de empreendimentos imobiliários sobre áreas periurbanas, onde no passado havia atividade agrícola, principalmente olericultura, geram importantes ônus ambientais e sociais para a cidade.

2.2 Estratégia e projeto experimental

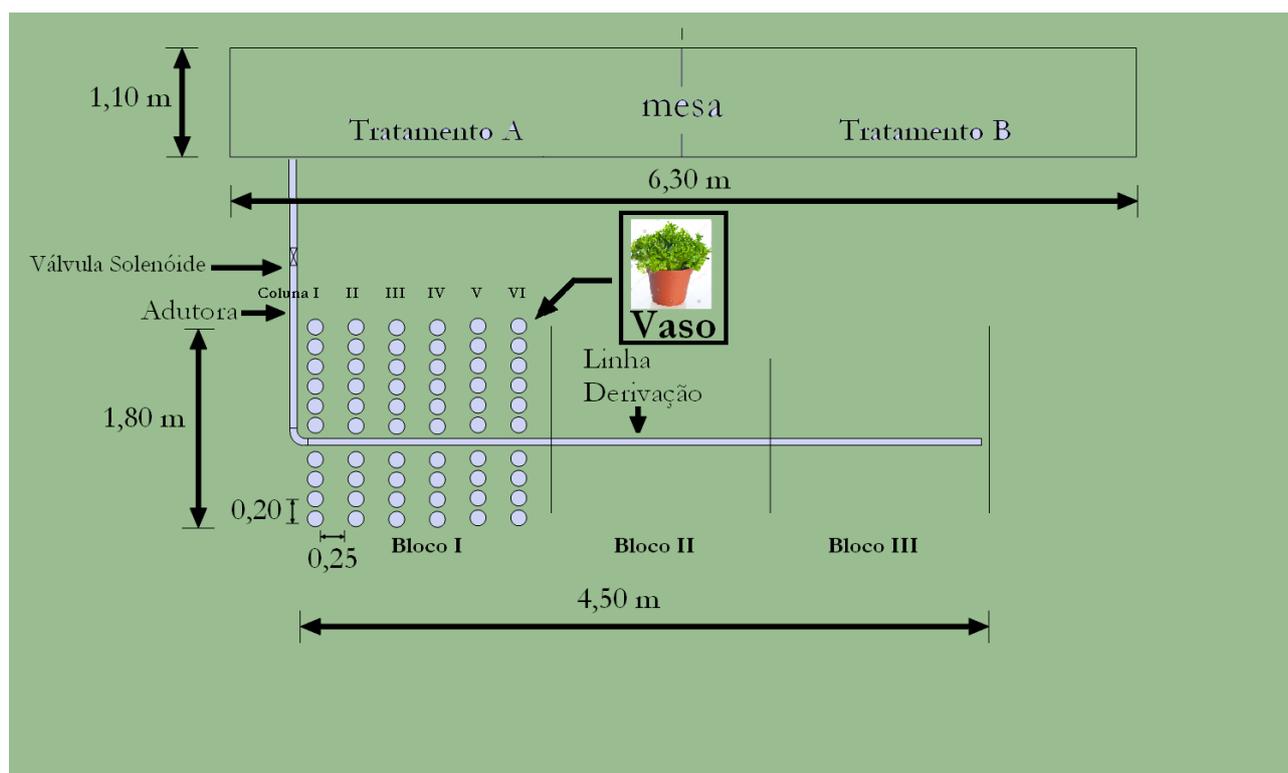
O desenho experimental desse trabalho buscou reproduzir de forma sistemática o arranjo bem sucedido para produção de alfaces (*Lactuca sativa*) sobre telhas de fibrocimento desenvolvido na cobertura de construção pré-existente na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa em Vargem Grande, Jacarepaguá, no contexto do Projeto HIDROCIDADES com a cooperação de vários alunos como Oliveira (2009); Marcolino (2012); Garcia *et al.* (2015) e Nascimento (2015). Foi levado em conta a falta de espaço útil, o acesso difícil, a fragilidade das estruturas de suporte do telhado, a baixa capacidade de investimento de grande parte da população e limitada disponibilidade dos fatores de produção, principalmente a água.

Foram elaboradas diferentes parcelas experimentais com arranjos ligeiramente diferenciados no sentido de testar hipóteses que pudessem eventualmente aperfeiçoar o sistema desenvolvido no contexto do Projeto HIDROCIDADES. Tomou-se proveito de uma

bancada existente com inclinação ajustável construída também no contexto do Projeto HIDROCIDADES, conforme descrito em detalhes em Nascimento (2015). Esta bancada serviu de suporte para duas parcelas experimentais. As parcelas experimentais foram constituídos por três tratamentos, com um subnível referente ao design das peças.

O primeiro arranjo produtivo foi chamado “Vasos” (V), constituído pela produção de plantas dentro de vasos irrigados sobre a laje, técnica tida de domínio público e amplamente utilizada por produtores de hortaliças e flores para abastecer o mercado consumidor. Além disso, há o hábito dos moradores das cidades de cultivar plantas em vasos, seja nos jardins, lajes, sacadas, balcões, parapeitos de janelas, dentro de ambientes interiores, de maneira que a produção de plantas dentro dessa modalidade agrícola seja satisfatória, principalmente em lajes.

Figura 13 – Croqui do arranjo produtivo Vasos



Fonte: ELABORADO POR WAGNER ACCIOLY DA SILVA, 2016.

O tratamento “V” foi constituído por um conjunto de 162 vasos de 1,2 L cada, distribuídos sobre uma camada de 0,1 m de fibras de coco sobre a laje, ao lado e distribuídos em forma de colunas perpendiculares à mesa onde estavam os outros dois tratamentos experimentais (Figuras 13 e 14). Esses vasos foram distribuídos em 3 blocos de 6 colunas

cada (repetições), contendo 9 vasos por coluna, com uma distância média de 0,2 m entre vasos, e 0,25 m entre colunas, numa razão de 20 plantas por metro quadrado (semelhante aos sistemas convencionais de produção de alface, como canteiros em estufas ou mesas de hidroponia) (GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2009), (PRELA-PANTANO; NOVO; TRANI, 2015) resultando numa área de 8,10 m², 2,33 vezes maior que as áreas de cada tratamento (3,465 m²) sobre a mesa.

Figura 14 - Arranjo produtivo “Vasos” sobre laje na cobertura do Edifício Reitor Haroldo Lisboa/UERJ



Legenda: destaque = sentido da coluna (repetição)
Fonte: O autor, 2016.

Os outros 2 tratamentos também foram constituídos por 3 blocos cada, e cada bloco constituído por 6 Calhas de Cultivo (CA) adaptados à ondulação das telhas de fibrocimento, onde foram inseridas 9 mudas cada (total de 54 plantas por bloco). Os tratamentos diferiam quanto aos tamanhos (diâmetros) dos CA, e quanto à forma de inserção (*design*) do substrato e das mudas nos CA (furo ou rasgo), sendo cada um dos 3 blocos do tratamento “A” constituído por um conjunto de 6 CA de 50 mm de diâmetro (metade furados (A1) e metade rasgados (A2), os quais foram distribuídos por sorteio dentro de cada bloco) e tratamento “B” por 6 CA de 75 mm (metade furados (B1) e metade rasgados (B2)). Os conjuntos dos 2

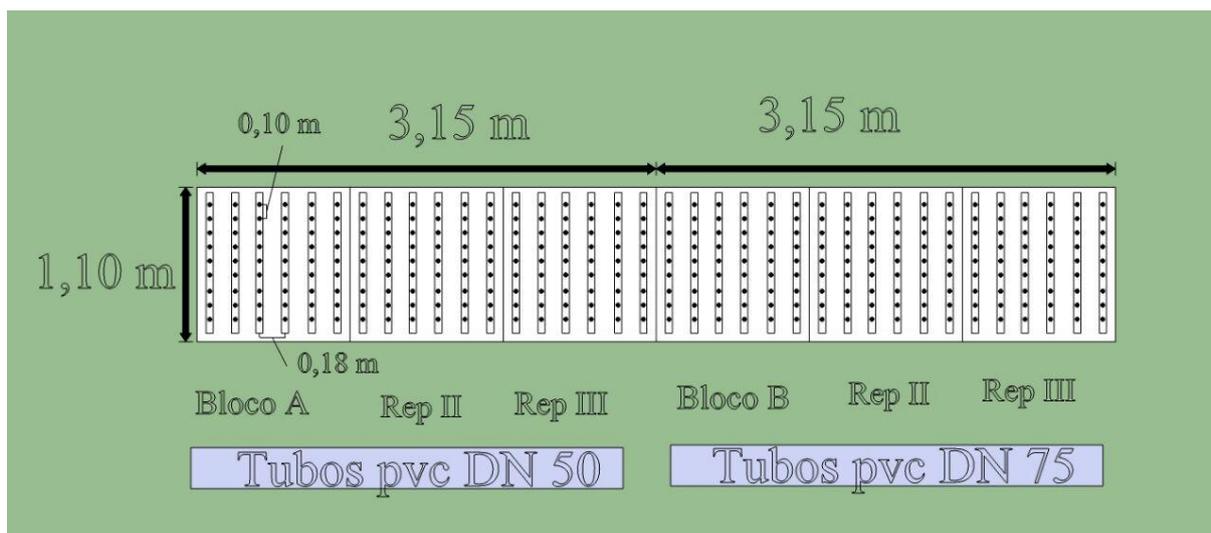
tratamentos foram distribuídos sobre a bancada metálica de 6,3 X 1,1 m, ocupando cada qual metade da área disponível da mesa (Figuras 15 e 16).

Figura 15 - Preparação das bancadas experimentais para suporte dos arranjos A e B



Fonte: O autor, 2016.

Figura 16 - Croqui do desenho experimental



Fonte: ELABORADO POR WAGNER ACCIOLY DA SILVA, 2016.

Cada bloco foi constituído por um total de 54 plantas distribuídas em 6 CA (9 plantas por CA, distante 0,10 m uma das outras e 0,18 m entre CA- caracterizando um plantio super adensado das plantas, na razão de 50 plantas por m² aproximadamente - obedecendo a distância entre as calhas das telhas) dispostos sobre uma telha. As outras duas telhas contíguas receberam mais duas repetições de cada bloco, totalizando dois tratamentos com 3 repetições cada, totalizando 162 plantas cada (54 X 3).

Cada tratamento (arranjo produtivo) foi testado em três repetições, durante três ciclos vegetativos de quatro a cinco semanas cada (32, 30 e 35 dias especificamente)– dois ciclos durante o Inverno e um na Primavera. Foram usados como critérios de produção o ganho de massa fresca total e comercial pelas mudas e o aumento do diâmetro dos caules.

Como critério de avaliação de desempenho agrônômico optou-se pela comparação entre produção de massa fresca total e comercial e pelo diâmetro dos caules no momento da colheita.

Após 4 semanas de cultivo em cada ciclo, todas as plantas foram colhidas num único período, sempre na parte da manhã, fazendo-se um interseção no caule rente à superfície do substrato. Foi feito o “*toilette*” das plantas quando necessário (retirada das folhas amareladas da “saia” das plantas conforme é a prática antes da comercialização ou processamento) e suas massas frescas e diâmetros dos caules foram tomados usando-se uma balança digital da fabricante Urano, modelo POP-S 20/2, com divisão em 2 gramas e um paquímetro, respectivamente. Para avaliação do diâmetro dos caules foi tomado, como referência, o círculo esbranquiçado que se forma após a interseção, devido à exsudação da seiva elaborada pelo floema das plantas.

As mudas cultivadas em bandejas plásticas descartáveis de 200 células (10 cm³.cel⁻¹), e foram transplantadas para os módulos experimentais após 28 dias da germinação, com médias de massa fresca da parte aérea menores do que 1 grama e diâmetro de caules em torno de 1 a 2 mm de diâmetro.

2.3 Preparo dos arranjos produtivos sobre a bancada de apoio

Para o estudo dos arranjos produtivos A e B foi simulado fisicamente um telhado composto por telhas de fibrocimento. Para isso foram aproveitadas as bancadas metálicas com dispositivo de ajuste de declividade construídas no contexto do Projeto HIDROCIDADES por Nascimento (2015).

As bancadas foram construídas em tubos retangulares de ferro pintado, de 50x30mm, com 1,5mm de espessura, conforme Figura 14, medindo 100 x 215 cm, com altura de 60 cm, dotadas de tirante rosca total como mecanismo para regulagem de inclinação, estabelecida em 9% conforme recomendação do fabricante das telhas.

Para a simulação do telhado foram adquiridas seis telhas de fibrocimento (1,53 m x 1,10 m) de 6 mm de espessura, que foram estendidas sobre a bancada metálica uma ao lado da outra, conforme a instrução do fabricante, perfazendo um total de 6,30 m de extensão. Segundo o fabricante, as telhas de 6 mm possuem pesos para cálculos de 18 kg.m⁻²; elevada resistência à agentes químicos neutros ou alcalinos, imunes ao processo de corrosão ou oxidação, são incombustíveis e não proliferam fungos ou bactérias devido sua matriz alcalina. O fabricante informa ainda que as telhas possuem resistência à flexão, atendendo à Norma NBR 15210 (resistência mínima telha saturada) de 6 mm, classe C7 (3300 N.m⁻¹).

Da mesma forma que idealizado na unidade experimental do Projeto HIDROCIDADES na Escola Municipal Teófilo em Vargem Grande (MARY *et al.* 2008) as telhas foram recobertas com uma cobertura morta de fibra da casca do coco verde, de aproximadamente 100 mm de altura, aproveitando os resíduos gerados por uma engarrafadora de água de coco no Município do Rio de Janeiro (Figura 17). A cobertura morta constituída pela fibra da casca do coco verde apresentou desempenho bastante interessante na retenção das águas pluviais (GARCIA *et al.* 2015). Além disso, como se pode observar anteriormente promove redução das temperaturas ao redor do dossel das plantas, benéficas ao seu desenvolvimento nas condições climáticas da cidade.

Esse lote de fibras ficou exposto ao tempo durante 4 meses antes do experimento. Testes realizados com as fibras saturadas com água determinaram um peso médio de 20 kg.m⁻² para o volume empregado.

As telhas de fibrocimento foram protegidas da cobertura morta por um filme plástico resistente a ação das raízes e umidade. Usado na cobertura de estufas agrícolas é facilmente encontrado no mercado (Figura 18) e similar ao utilizado na unidade experimental do Projeto HIDROCIDADES da Escola Teófilo (MARY *et al.* 2008).

Figura 17 - Engarrafadora de água de coco no Rio de Janeiro e a fibra disposta como resíduo do processo produtivo



Fonte: O autor, 2016.

Figura 18 - Isolamento das telhas da cobertura morta de fibra de coco verde por filme plástico de alta resistência mecânica



Fonte: O autor, 2016.

2.4 Caracterização dos arranjos produtivos A e B

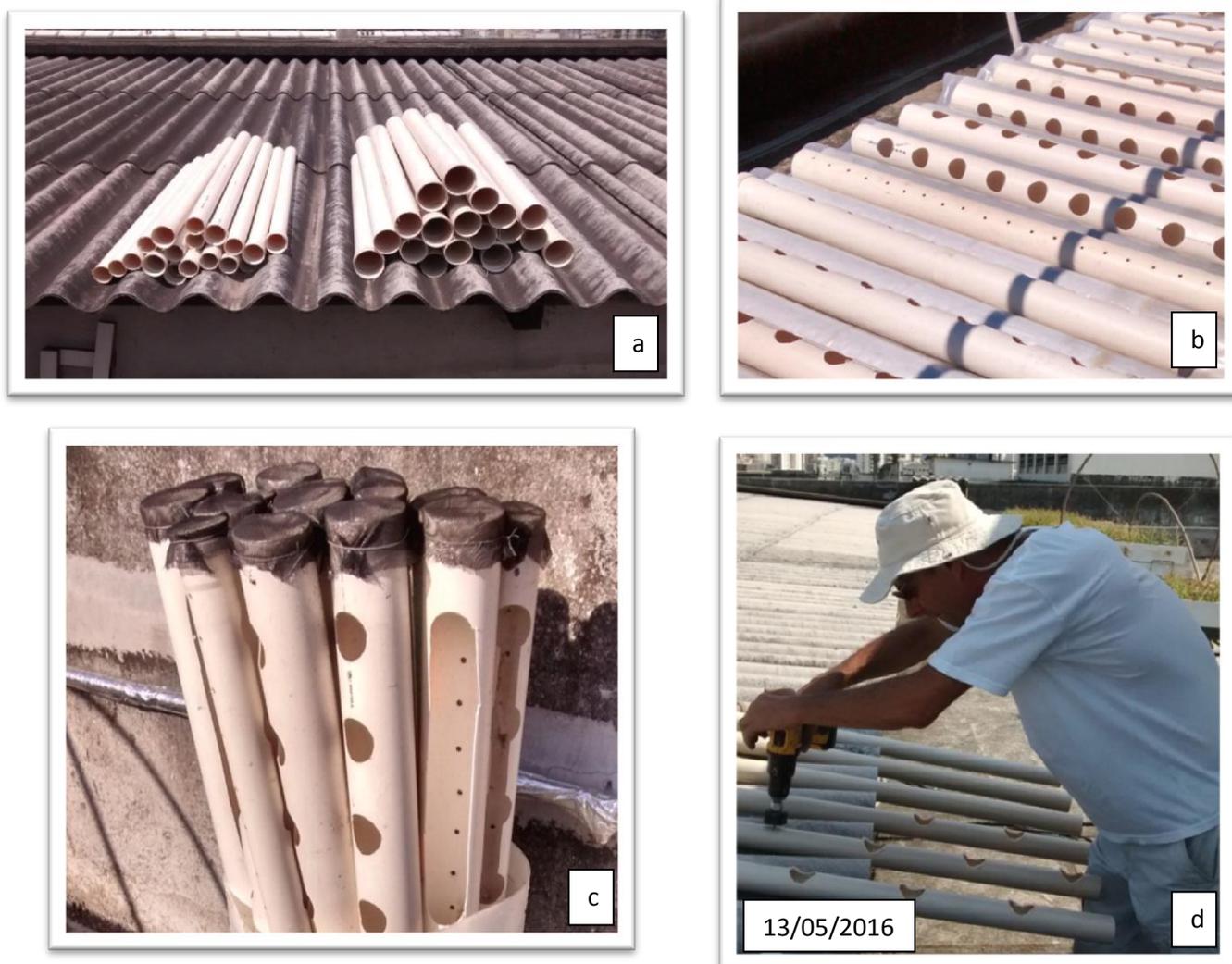
Para construção dos tratamentos A e B, da mesma forma que idealizado e posteriormente consolidado para a unidade experimental do HIDROCIDADES na Escola Teófilo em Vargem Grande (MARY *et al.* 2008), nos espaços cavados sobre telhas de fibrocimento, foram alocados tubos de PVC usados no esgotamento sanitário. Esses tubos são resistentes o suficiente para serem usados como contentores de substrato, onde as plantas poderiam se desenvolver se bem irrigadas e nutridas, além de facilmente encontrados no comércio.

Esses contentores elaborados a partir dos tubos de PVC serão denominados Calhas de Cultivo (CA) e constituíram 2 dos três tratamentos apresentados: A e B. Na confecção dos CA foram utilizados 12 tubos de PVC rígido, na cor branca, com bolsas para juntas soldáveis de 3 m comprimento, sendo 6 tubos DN 50 (Tratamento “A”) e 6 tubos DN 75 (Tratamento “B”). Os tubos foram serrados em peças de tamanhos simétricos, perfazendo um total de 36 peças simétricas de um metro cada (CA), 12 delas possuindo as bolsas soldáveis (não foram descartadas para que todas as peças tivessem 1 m linear) (Figura 19 a).

Nas 18 peças do tratamento “A” foram feitos dois tipos de inserções para as mudas. Em nove delas (chamados “A1”- Figura 19 b) foi feita na parte superior dos canos uma linha de nove furos (para a recepção das mudas) com o auxílio de uma serra-copo de 32 mm diâmetro, equidistantes em 100 mm a partir do centro um do outro, sendo os furos mais externos distantes 100 mm das extremidades dos tubos (Figura 19 d).

Nas outras 9 peças restantes (chamados “A2”) foram feitos 2 rasgos de 32 mm de largura, com o auxílio de uma serra circular portátil, unindo-se 5 furos de um lado e 4 furos de outro, deixando uma área central em cada tubo sem corte, o que permite melhor resistência do CA (Figura 19 c). O mesmo procedimento foi realizado nas 18 peças do Tratamento “B”, originando 9 CA, chamados “B1” (CA DN75 com nove furos de 32mm diâmetro) e 9 CA chamados “B2” (CA DN75 com rasgos). Em todas as peças foram feitos em linha furos de drenagem para a drenagem (similar ao sistema usado na unidade experimental na Escola Teófilo, a cada 25 mm na posição oposta aos furos de plantio, com o auxílio de uma broca para metal N8. As extremidades foram fechadas com material sintético resistente, permeável à ventilação e drenagem do substrato (“sombrite”, por exemplo), fixados por arame em aço galvanizado. O volume calculado para os CA do tratamento “A” foi de 2,01 L.CA⁻¹ e do tratamento “B” de 4,41L.CA⁻¹

Figura 19 - Calhas de Cultivo (CA) com diferentes diâmetros – Arranjos A e B



Legenda: (a) Tubos de PVC DN 50 mm e DN 75mm cortadas em peças de um metro cada. (b) Calhas de Cultivo (CA) com design para inserção das mudas tipo “furo”; linha de furos na face oposta para drenagem. (c) detalhe do design dos CA “furados” e “rasgados”, com as extremidades vedadas por tela “sombrite” (d) confecção dos CA “furados” com serra tipo “copo” de 32 mm.

Fonte: O autor , 2016.

Na unidade experimental na Escola Teófilo foi usado o substrato comercial “Biomix”, mas por conveniência, nesta fase foi adotado para todos os tratamentos o substrato comercial “Biogrow” Vaso Ornamental 500-001 Ca da empresa “Agrolink” de Holambra (SP), especializada no fornecimento de substrato para viveiristas de mudas de hortaliças e flores de vaso em geral. É constituído por resíduos da agroindústria (10% Casca de arroz vaporizada;

40% de acículas de pinus e 50% cascas de coníferas) compostados e inoculados com fungo *Trichoderma*, que ajuda as culturas na absorção de nutrientes. Possui, entre outras características físico-químicas desejáveis, excelente drenagem, baixa densidade, pH próximo a neutralidade, baixa condutividade elétrica, livre de patógenos e ervas daninhas, disponibilidade no mercado e baixo custo.

O substrato se apresenta em sacos de 100L. Foram gastos aproximadamente 2 sacos para o preenchimento dos vasos e 1,2 sacos para o preenchimento dos CA dos tratamentos A e B, em acordo com os dados apresentados na Tabela 5.

Conforme a orientação do fabricante do substrato, os CA foram preenchidos com o mesmo umedecido a dez por cento do seu volume (Figura 20).

Após o preenchimento foram anotados os pesos dos CA e vasos para futuros cálculos e dimensionamentos de telhados. Os dados se encontram na Tabela 5.

Figura 20 - Substrato, preenchimento das CA e controle do peso antes do plantio.





Fonte: O autor, 2016

Tabela 5 – Volumes de substrato utilizados, pesos dos vasilhames e peso das Calhas de Cultivo (CA) e vasos preenchidos com substrato umedecido a 10% do volume (médias do ciclo II)

Tipo	Vol.vs⁻¹	Total	Área	Vol Subs	Peso	Peso+Sub	Peso.m⁻²
		pçs	Total		Vasilhame		
	(L)	(un)	(m ²)	(L)	(kg.un ⁻¹)	(kg.un ⁻¹)	(kg.m ⁻²)
Vaso	1,2	162	8,10	194,40	0,040	0,500	10,0
CA A1	2,01	9	1,73	18,09	0,320	1,100	5,8
CA A2	2,01	9	1,73	18,09	0,320	1,000	5,4
CA B1	4,41	9	1,73	39,69	0,510	2,300	12,0
CA B2	4,41	9	1,73	39,69	0,510	2,100	11,0

Legenda: Tipo= tipo de vasilhame vaso ou CA; Vol.vs⁻¹= Volume dos vasilhames; Área Total= área total dos tratamentos; Vols Subs= Volume total de substrato utilizado por tratamento; Peso+Subs= Peso total dos vasilhames preenchidos por substrato; Peso.m²= Peso do tratamento por metro quadrado do telhado/laje.

Fonte: O autor, 2016.

2.5. Sistema de Irrigação e fertilização simultâneo

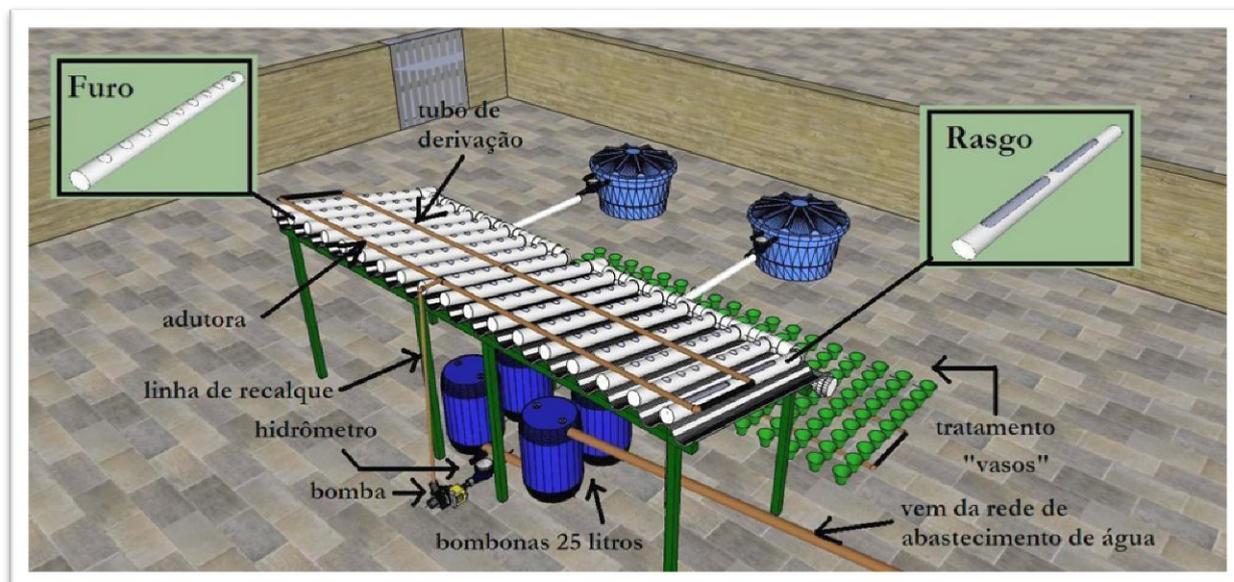
2.5.1 Descrição do sistema de irrigação

O sistema de irrigação por gotejamento foi concebido de forma diferente ao desenho experimental na Escola Teófilo em Vargem Grande (aspersores), porém com o mesmo objetivo de distribuir uma lâmina de água ideal da maneira mais homogênea possível para todo o bloco experimental, a partir de materiais de baixo custo disponíveis no mercado, tentando contornar problemas comuns a qualquer agricultor irrigante, como a ação da gravidade em terrenos onde há desníveis, onde as plantas de cotas mais altas acabam sendo desfavorecidas na distribuição da água pelos equipamentos. No caso dos telhados, mais que as lajes, há o problema da declividade das telhas (9% segundo recomendação do fabricante). Destaca-se que a declividade foi mais acentuada daquela existente no projeto original desenvolvido na Escola Teófilo, onde a declividade da cobertura pré-existente (constituída por telhas de fibrocimento) era de 6%. Também foi priorizado o uso racional da água, através da adoção de um mecanismo acionador da irrigação de baixo custo (desenvolvido por Medici *et al.* (2010)), que atendesse às reais necessidades da planta durante as diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento, economizando água e mão de obra do produtor.

Na Figura 21 apresenta-se a unidade experimental completa, onde a água é distribuída a partir de microtubos emissores (popularmente conhecidos por “espaguete”) acoplados a um tubo de derivação. O sistema é acionado e alimentado por bombas e válvulas usadas por máquinas de lavar roupas reaproveitadas, muito acessíveis e econômicas no uso de energia, da mesma forma que foi realizado anteriormente na unidade experimental na Escola Teófilo (MARY *et al.*, 2008). O microtubo é um tipo de gotejador feito de polietileno, com diâmetros entre 0,6 e 1,5 mm. Os microtubos (Figura 22) são indicados para diversas situações, inclusive para locais onde existem grandes diferenças de pressão devido a desníveis de topografia e a grandes perdas de carga, pois é possível compensar a variação de pressão variando o comprimento do micro tubo, e conseqüentemente, obter vazão uniforme ao longo da linha lateral.

O sistema principal de abastecimento de água para a unidade experimental foi instalado por Nascimento (2015) e aproveitado para estes estudos. A fonte de água principal provém de um reservatório de 500L, em polietileno, abastecido com água da empresa pública de abastecimento (CEDAE), instalado sobre a casa de máquinas dos elevadores do edifício, especificamente para essa finalidade.

Figura 21 - Croqui do sistema de irrigação do arranjo produtivo A



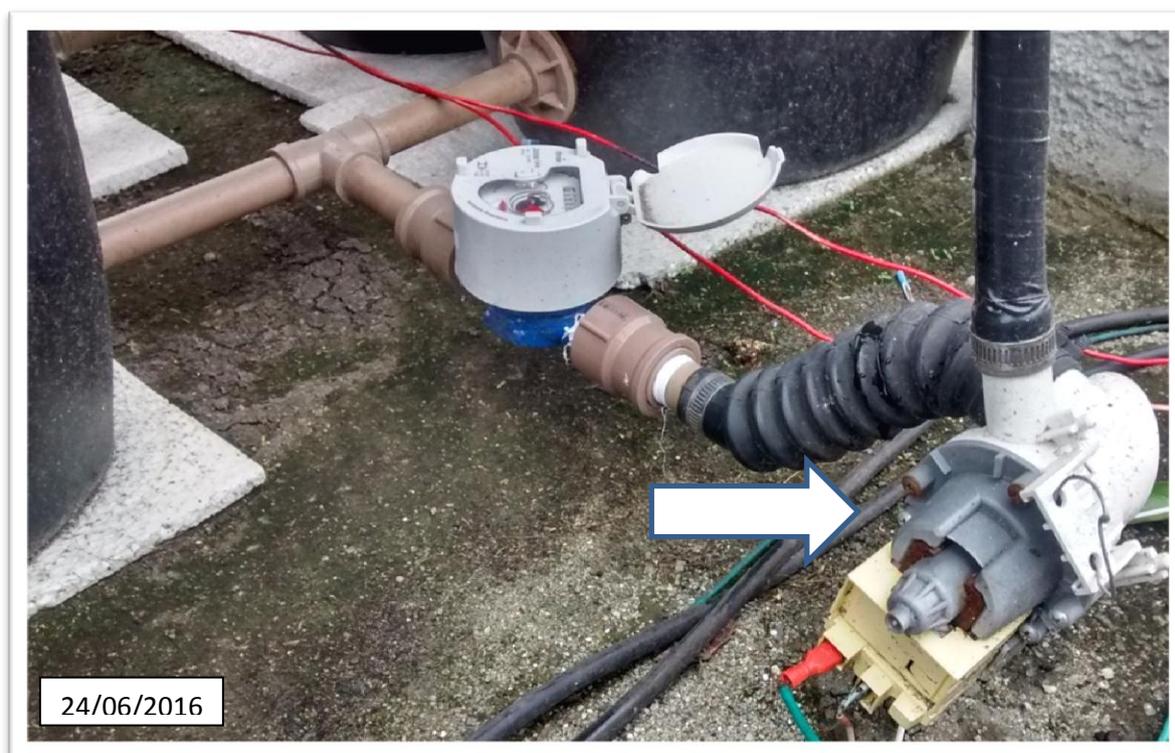
Fonte: ELABORADO POR WAGNER ACCIOLY DA SILVA, 2016.

Figura 22 – Microtubos gotejadores inseridos na linha de derivação



Fonte: O autor, 2016.

Figura 23: Conjunto de reservatórios independentes, detalhe do hidrômetro e bomba de irrigação



*Destaque = Bomba de irrigação de máquina de lavar roupa (usada)
 Fonte: O autor, 2016.

Desse reservatório principal deriva uma tubulação em PVC soldável de 32,0 mm (revestida em tubo de polietileno expandido recoberto com papel alumínio visando minimizar impactos da alta temperatura sobre a vegetação), com redução para 25,0 mm, de forma a atender por gravidade e de maneira constante os 3 pontos de consumo, ou seja, 3 conjuntos de reservatórios independentes (Figura 23), instalados para este experimento, cada qual com seu

hidrômetro, boia e acionador automático de irrigação, que permitiu contabilizar as lâminas aplicadas nos arranjos produtivos de maneira independente (Figura 23).

Estes reservatórios independentes foram instalados embaixo das telhas, sob a bancada, aproveitando o sombreamento proporcionado pelas mesmas, e se justificam, porque apesar do isolamento térmico da rede de distribuição de água, a mesma ainda chegava com temperaturas elevadas nos pontos de distribuição para irrigação. Os reservatórios são constituídos cada qual por duas bombonas plásticas de 50L cada (adquiridas a baixíssimo custo em depósitos de materiais recicláveis, ocupadas com álcool industrial e facilmente higienizadas), interligadas por um conjunto de 2 flanges e tubulação de 32mm na base das bombonas, virando vasos comunicantes. Uma das bombonas recebe a água da tubulação principal, e seu abastecimento é regularizado por uma boia de caixa sanitária fixada na parte superior com a ajuda de uma flange de 25 mm. Ambas bombonas possuem na parte superior uma entrada suficiente para a administração de fertilizante pré-diluído e/ou para a coleta de amostra para o controle da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Para o recalque de aproximadamente 1,5 m da solução nutritiva das bombonas para a bancada foram utilizadas eletrobombas de máquinas de lavar roupa modelo EBE 01 da Emicol. Após deixar o conjunto de reservatórios, a solução nutritiva é conduzida ao hidrômetro (residencial, marca Itron, modelo Unimag) instalado em linha e anterior à tomada da bomba de recalque, através de uma tubulação de 32 mm, pela força da gravidade. Após a bomba de recalque a solução é conduzida às plantas através, primeiramente, de uma tubulação que, quando atinge a altura da bancada se divide em duas direções opostas, para alimentar simultaneamente as duas extremidades da tubulação de derivação (disposta transversalmente na área central dos CA), amenizando diferenças de vazões entre o início e o final do tubo.

Outra solução tomada na tentativa de amenizar a ação da gravidade na distribuição da lâmina de água foi a padronização da extensão dos microtubos. Assim, a distância que a gota de água tem que percorrer dentro do sistema é a mesma para todas as posições, esteja a planta mais perto do tubo alimentador ou não. Na tubulação principal de abastecimento há um registro de 25 mm (tipo esfera) que permite a regulação da quantidade de água ministrada aos blocos experimentais, no limite da bomba (entre 14 a 25 L.min⁻¹, segundo o fabricante).

A tubulação de adução de 25mm recebeu a quantidade de micro tubos necessários a irrigação de todas as plantas de cada tratamento (162 plantas). A inserção dos microtubos, cortados em biseis e no tamanho único de 1,5m, se deu através de furos equidistantes ao longo de toda a tubulação de adução feitos por uma broca 1 ¼ .

Os microtubos foram fixados nos substratos através de hastes plásticas, ao lado de cada planta (Figura 24).

Figura 24: Fixação dos microtubos nos CA através de hastes plásticas.



Legenda: (a) CA “rasgado” 50mm, substrato seco ; (b) Vaso com substrato úmido, pós irrigação.
Fonte: O autor, 2016

No caso da irrigação dos vasos, onde estes ficam apoiados sobre a cobertura morta da fibra da casca de coco verde disposta sobre a laje, na mesma cota dos reservatórios de água, instalou-se uma válvula solenoide, pequeno mecanismo eletrônico que, na falta de energia elétrica, trabalha fechada, impedindo a passagem da água (que flui dos reservatórios por gravidade). Como o dispositivo elétrico é instalado em paralelo com o da bomba hidráulica, toda vez que essa é acionada a válvula solenoide é aberta, permitindo a passagem da água para a tubulação de alimentação dos microtubos (Figura 25).

Figura 25: Válvula solenoide, necessária na linha adutora do tratamento Vasos



Fonte: O autor, 2016.

2.5.2 Fertirrigação

A nutrição da cultura foi realizada de maneira simultânea com a irrigação, semelhante ao que ocorre em muitos sistemas agrícolas comerciais. Essa prática é chamada de “fertirrigação” e traz inúmeras vantagens como a diminuição no número de operações, com consequente economia de energia e mão de obra. As formulações de fertilizantes podem ser produzidas pelos próprios agricultores a partir da aquisição de sais básicos conforme a necessidade de cada cultura ou dependendo do estágio fenológico de desenvolvimento das plantas. O mercado disponibiliza também formulações completas, com alto grau de solubilidade e sem problemas de incompatibilidades entre os sais que se adequam bem a diversos tipos de culturas, facilitando de maneira geral a operação. No caso deste trabalho o produto usado foi “*Plant-Prod*” em duas versões: 15-30-15 nos primeiros 8 dias e 20-20-20 no restante do ciclo.

Figura 26: Condutivímetro e coleta de efluentes nos tratamentos Vasos e A para controle da condutividade elétrica



Fonte: O autor, 2016.

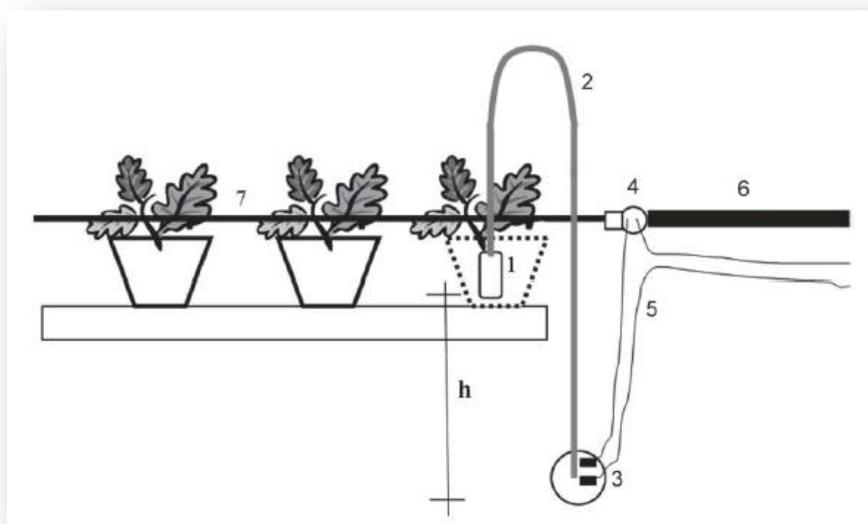
Periodicamente foram verificados e corrigidos os níveis de salinidade de cada reservatório através do uso de um aparelho chamado condutivímetro (Figura 26), que mede a condutividade elétrica (EC) da amostra da solução nutritiva. A medida da salinidade é um meio indireto de se controlar a quantidade de fertilizantes ministradas às plantas. Nesse caso foi utilizado um aparelho de bolso da marca AKSO, modelo AK51, que fornece leituras de EC (mS/cm) e temperatura (°C), procurando-se trabalhar sempre na faixa de 1,5 a 1,7 mS/cm, conforme recomendação da literatura (EMATER, 2010) (Tabela 4), sabendo-se ainda que o substrato tinha um EC inicial de 1,0 mS/cm e a água da CEDAE 0,16 mS/cm e pH 6,00. Ainda teve-se o cuidado de aferir o EC no efluente drenado da unidade produtiva e nos vasos.

2.5.3 Acionador automático de baixo custo

O acionamento do sistema de fertirrigação de cada bloco e dos vasos seria independente e autônomo, em função do grau de umidade do substrato contido nos CA ou no vaso. Sugerido por Medici *et al.* (2010) como um aparelho de fácil confecção, manuseio e de alta eficiência (Figura 26), é constituído por um pressostato de máquina de lavar roupa (3) que funciona como o interruptor da bomba de irrigação elétrica (4). Toda vez que a ponta cerâmica do tensiômetro (1) se resseca traciona, por capilaridade, uma coluna de água armazenada numa borracha plástica (2) que a liga ao pressostato. Com a diferença da pressão (h) interna criada dentro da mangueira há o deslocamento de uma membrana no interior do aparelho, permitindo a passagem de corrente elétrica para a bomba de irrigação, que é

acionada. Conforme esta libera quantidade suficiente de água (6) para irrigar o substrato e molhar a ponta cerâmica do acionador, este para de exercer pressão sobre a coluna de água, que por sua vez relaxa a membrana do pressostato, interrompendo a passagem de energia (5) para a bomba. A irrigação só começaria novamente quando a umidade no substrato e, por conseguinte na ponta cerâmica, fosse muito baixa, forçando o deslocamento da coluna de água dentro da borracha em direção à cerâmica.

Figura 27 - Acionador automático de baixo custo da irrigação



Fonte: MEDICI, 2010, p.728.

Figura 28 - Aspecto geral do experimento implantado



*destaques: Tratamento V sobre a laje e tratamentos A e B sobre a bancada.
Fonte: O autor, 2016.

2.6. Procedimentos para a análise dos resultados

2.6.1 Desempenho agronômico

2.6.1.1 Produção total dos tratamentos

Para se avaliar o desempenho agronômico dos tratamentos avaliou-se, em primeiro lugar, a taxa de sucesso no número de mudas que atingiram a idade adulta. Essa taxa foi obtida pela razão entre o número de plantas colhidas pelo número de mudas plantadas, expressa em porcentagem (%) (Equação 10). Foram contabilizadas todas as plantas dos três tratamentos, nos três ciclos.

$$\text{Taxa Sucesso (\%)} = (\text{Número plantas colhidas} / \text{Número de mudas plantadas}) * 100 \quad (10)$$

Em seguida contabilizou-se o total de massa fresca comercial (MFC, expressa em quilogramas (Kg)) produzido por tratamento (A, B e V), através da somatória das massas frescas comerciais de todas as plantas colhidas, pesando-se uma a uma após a retirada das folhas não comerciais (*toilette*). As folhas descartadas em cada tratamento foram pesadas (kg) e serviram para encontrar a massa fresca total (MFT) que cada tratamento produziu, através da soma da MFC com o descarte (Equação 11), sempre expresso em quilogramas (Kg). A taxa de perdas foi a razão entre a quantidade de folhas descartadas sobre o total produzido (MFT), expressa em (%) (Equação 12).

$$(\text{MFT}) = (\text{MFC}) + (\text{descarte}) \quad (11)$$

Onde: (MFT) = massa fresca total (Kg)
 (MFC) = massa fresca comercial (Kg)
 (descarte) = total de folhas descartadas após *toilette* (Kg)

$$\text{Taxa de Perdas} = ((\text{descarte}) / (\text{MFT})) * 100 \quad (12)$$

Onde: Taxa de Perdas = (%)
 (descarte) = total folhas descartadas após *toilette* (Kg)
 (MFT) = massa fresca total (Kg)

2.6.1.2 Produção média dos tratamentos

Os pesos médios das plantas de cada tratamento são dados pela média de massa fresca comercial (MFC) de todas as plantas colhidas em cada tratamento, por ciclo, com seus respectivos desvios-padrão, e são expressos em grama por planta (g.planta^{-1}).

O segundo parâmetro aferido, diâmetro do caule, é expresso em centímetros por planta (cm.planta^{-1}) e computado como a média de todas as plantas colhidas por tratamento e por ciclo, com seus respectivos desvios-padrão.

Para a afirmação se existe ou não diferença entre os tratamentos a partir dos parâmetros aferidos, optou-se pela análise de variância através do Teste F de ANOVA, através do programa estatístico “R”. Sendo a hipótese alternativa a verdadeira (tratamentos são diferentes entre si), partiu-se para um teste de comparação de médias, segundo Tukey-Kramer.

Optou-se por analisar um grupo amostral dentro de cada bloco, já que testes preliminares envolvendo todas as plantas (Teste de Levene), segundo suas replicadas dentro de cada bloco, mostrou grande uniformidade dos resultados, com a baixa variância entre as repetições.

O Teste de Levene modificado teve por objetivo avaliar se as variâncias dos dados eram iguais ou diferentes (diferença absoluta da mediana) para a avaliação. O teste foi realizado para cada bloco (tamanho) e tipo (*design*) de material: CA de 50 mm com furo (A1) e com rasgo (A2), CA de 75 mm com furo (B1) e com rasgo (B2) e vasos (V-controle). Nos tratamentos (arranjos produtivos) A e B foram usadas todas as três réplicas do bloco, contendo 9 amostras cada, totalizando 27 amostras para o teste. Já nos vasos, foram usadas todas as seis réplicas do bloco, contendo 9 amostras cada, totalizando 54 amostras para o teste.

Hipóteses do teste:

Hipótese nula H_0 : $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$

Hipótese alternativa $-H_1$: Pelo menos um dos σ diferente dos demais

2.6.2 Projeto e configuração dos arranjos produtivos A e B

Para analisar a influência do design das peças dentro dos arranjos produtivos (furos ou rasgos), os dados foram distribuídos na Tabela 14 segundo as médias das massas frescas comerciais (MFC, dadas em gramas por planta- g.planta^{-1}) e diâmetro dos caules (cm.planta^{-1})

para cada subnível (A1 (furos) e A2 (rasgos), B1 (furos) e B2 (rasgos)) e seus respectivos desvios-padrão. Para identificar ou não diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e seus sub níveis aplicou-se o teste F de análise de variância para dois fatores: tamanho dos CA - A (50 mm) versus B(75 mm)), tipo dos CA (furados (sub nível 1) versus rasgados (sub nível 2)) e a interação entre eles. Sendo a hipótese alternativa a verdadeira (tratamentos são diferentes entre si), partiu-se para um teste de comparação de médias, segundo Tukey-Kramer.

2.6.3 Análise da eficiência dos arranjos produtivos segundo as limitações da produção em coberturas

Uma vez constatado que é possível produzir alface em telhado de prédios urbanos na Cidade do Rio de Janeiro nas épocas favoráveis ao ciclo da cultura (cultivos de Inverno e Primavera), comparou-se os resultados obtidos a outros sistemas de produções de alface consagrados pela literatura, em busca da identificação de eficiências e/ou vantagens produtivas que justifiquem a adoção dos arranjos produtivos propostos aos habitantes dos centros urbanos

Com base nas limitações para o desenvolvimento da agricultura urbana em telhados e lajes de cobertura, identificados na apreciação da literatura existente (áreas restritas, com dificuldades de acesso, peso dos equipamentos, altos custos e crise hídrica, entre outros), os resultados obtidos foram preparados segundo a descrição a seguir:

2.6.3.1 Eficiência quanto à produção por unidade de área

Para se calcular a produtividade (expressa por Kg de massa fresca comercial (MFC) por unidade de área- Kg.m⁻²) dos arranjos produtivos (A, B e V) tomou-se a produção de massa fresca comercial total de cada tratamento (MFC), dividindo-se pela área ocupada pelo tratamento (Equação 13). O tratamento V (vasos) foi distribuído numa área de 8,1m², enquanto que os tratamentos A e B ocuparam uma área de 3,465 m² (Tabela 5).

$$\text{Produção por área (Kg.m}^{-2}\text{)} = (\text{MFC}) / \text{Área do tratamento (m}^2\text{)} \quad (13)$$

2.6.3.2 Eficiência quanto à produção por unidade de substrato utilizado e peso dos arranjos produtivos

Dado que o substrato é o componente que mais contribui para o peso total do arranjo produtivo, a produtividade em relação à unidade de substrato empregada foi determinada para cada um dos tratamentos, através da razão entre produção de massa fresca comercial de cada tratamento (MFC), dada em quilogramas (Kg), e quantidade (em litros) de substrato empregado (equação 14). Segundo a Tabela 5, foram empregados 194,4 L de substrato no tratamento Vasos; 18,1 L em cada subnível do tratamento A e 39,7 L para cada subnível do tratamento B.

$$\text{Produtividade do Substrato (Kg. L subst.}^{-1}\text{)} = (\text{MFC}) / \text{Litros substrato} \quad (14)$$

A massa do arranjo produtivo (tratamento) foi estimada a partir da pesagem de vasos e CA no dia da colheita, no ciclo II, no auge do desenvolvimento das plantas e com o substrato na capacidade de campo (totalmente úmido). Foi acrescentada ao cálculo a massa de outro importante componente dos arranjos produtivos, a cobertura morta sob os tratamentos, estimada em 20 Kg.m⁻². A massa dos outros componentes como canos e microtubos foi considerada irrisória, correspondente a menos de 10% de todo o conjunto e por isso não computada. (Equação 15).

$$\text{Massa do tratamento (Kg.m}^{-2}\text{)} = \Sigma \text{ massa (CA ou vasos / área do tratamento)} + 20 \quad (15)$$

Onde: Σ massa = somatória de todos os vasos ou CA no momento da colheita (kg)

Área do tratamento = m²

20 = massa da camada de cobertura mortasob os tratamentos (Kg.m⁻²)

2.6.3.3 Eficiência econômica (viabilidade econômica)

Os dados foram preparados para uma simulação, ainda que incipiente, entre receitas, despesas e tempo de retorno do capital investido, comparando com os custos de telhados verdes divulgados em outros trabalhos e analisando a possibilidade de geração de negócios a partir dos arranjos produtivos propostos.

- Avaliação do desempenho comercial das plantas produzidas

Já que a receita é função do mercado, o estudo foi estruturado em função de se determinar a percentagem das diferentes classes comerciais que as plantas colhidas dentro de cada tratamento se encaixam. Para isso as plantas foram agrupadas em classes comerciais, conforme orientação da maior Central de Abastecimento do país. A partir dessas seleções foram comparados os tratamentos.

- Levantamento dos custos envolvidos (fixos e variáveis)

Uma somatória de custos fixos e variáveis, sendo que grande parte dos custos fixos (adutora, ferramentas para a construção, *timer*) podem ser diluídos para metragens maiores. O tempo de mão de obra foi estimado na experiência do autor na montagem do experimento, podendo ser aperfeiçoado.

Os preços contabilizados foram de peças novas, adquiridas no mercado. Mas os arranjos foram pensados para o aproveitamento de materiais descartados, muitas vezes fora de aterros sanitários como, por exemplo, as bombas de máquina de lavar roupa, muitas vezes desprezadas com o desuso de máquinas antigas. Encanamentos, telhas e registros podem ser encontrados em comércios de sucatas, e fibras vegetais, como as de coco verde, constituem um empecilho às indústrias, que têm dificuldades em destiná-las aos aterros.

Os valores de energia elétrica gastos com a bomba de irrigação (máquina de lavar roupa) e *timer* são irrisórios, mas foram valorados. O preço da mão de obra foi estimado a partir da diária de uma faxineira ou ajudante de pedreiro na periferia do Rio de Janeiro (US\$ 40,00).

- Simulação do tempo de retorno do capital investido

2.6.3.4 Eficiência do uso da água (EUA)

A produtividade dos arranjos produtivos a partir do fator água foi calculada entre a razão da massa fresca comercial total produzida por um tratamento (MFC), dada em quilogramas (Kg), e a quantidade total de água utilizada durante o ciclo, dada em forma de lâmina de água (mm). Cada milímetro (mm) de água equivale a um litro por metro quadrado ($1 \text{ mm} = 1 \text{ L.m}^{-2}$). A quantidade total de água é a soma da lâmina ministrada e o total precipitado no período (Equação 16)

$$\text{EUA (Kg alface. L}^{-1}\text{ água)} = \text{MFC} / (\text{P} + \text{I}) \quad (16)$$

Onde: MFC = massa fresca comercial total do tratamento (Kg)

P = Precipitação do período (mm)

I = Irrigação do período (mm)

2.7 Cálculo da Evapotranspiração Potencial de Referência (ET_0)

Os dados sobre temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa, velocidade do vento e pressão atmosférica para o cálculo da Evapotranspiração Potencial de Referência (ET_0) foram extraídos do sistema *on line* “Alerta Rio” (da Estação número 32 do sistema – São Cristóvão, localizada no prédio da sede do Instituto de Geotécnica da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (Geo-Rio), na Rua Campo de São Cristóvão, 268 (Latitude: -22,896667 Longitude: -43,221667). Esta contribui com o monitoramento dos dados meteorológicos na região portuária e nos bairros vizinhos como Praça da Bandeira, Maracanã, Benfica e Cajú.

As variáveis atmosféricas (fornecidos a cada 15 minutos pela estação) foram agrupadas e agregadas para o intervalo de tempo de 24 horas compreendidos entre 10:00 h até às 9:45 h do dia seguinte, e assim por diante, até o dia da colheita, sempre realizada em torno das 10:00 h do último dia do ciclo.

A Evapotranspiração de Referência (ET_0) foi calculada pelos métodos de Penman-Monteith ($ET_{0,PM56}$), Hargreaves-Samani ($ET_{0,HS}$), conforme relatório 56 da FAO (Allen *et al.*, 1998) e Hargreaves ($ET_{0,HGR}$), conforme Hargreaves (1975), de acordo com as Eqs. 16, 17 e 18, respectivamente.

$$ET_{0,PM56} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (17)$$

Onde: $ET_{0,PM56}$ = Evapotranspiração Potencial de referência (mm.dia⁻¹)

R_n = Balanço da Radiação ao nível da superfície da cultura (MJ m⁻²dia⁻¹)

G = densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻²dia⁻¹)

T = Temperatura do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
 u_2 = velocidade do ar a 2m de altura (m s^{-1})
 e_s = pressão de vapor de saturação (kPa)
 e_a = pressão parcial de vapor (kPa)
 Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
 γ - coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

O método de Hargreaves-Samani (1985) pode ser uma alternativa para situações em que não se têm dados medidos de radiação solar à superfície, umidade relativa e velocidade do vento. Devido a sua grande simplicidade e aproximação com o método de Penman-Monteith na maior parte das condições climáticas terrestres. É a única fórmula baseada em temperatura recomendada pelo relatório 56 da FAO.

$$ET_{0,HS} = 0,0023 (T_{mean} + 17,8) (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (18)$$

Onde ; $ET_{0,HS}$ = Evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1})

T_{mean} = Temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$)

T_{max} = Temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$)

T_{min} = Temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$)

R_a = Radiação extraterrestre ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) * 0,408 = (mm.dia^{-1})

Segundo Carbone *et al.*. (2016), entre várias metodologias, a fórmula original de Hargreaves (1975) está entre as mais simples de ser empregada. Não são considerados os elementos aerodinâmicos, e as taxas de evaporação potencial dependem apenas da temperatura e da radiação incidente.

$$ET_{0,HRG} = 0,0135 \cdot (T + 17,8) \cdot R_S \quad (19)$$

Onde: $ET_{0,HRG}$ = Evapotranspiração referência (mm.dia^{-1})

T = Temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$)

R_S = Radiação solar incidente convertida para (mm.dia^{-1})

A Radiação extraterrestre (R_a) e Radiação solar (R_s), não fornecidas pela estação meteorológica de São Cristóvão e necessárias para os cálculos da ET_0 pela equação (9), método de Penman-Monteith, foram calculadas segundo as equações 19 e 20, respectivamente, conforme Relatório 56 da FAO e que levam em conta os dias julianos do ano (J) e a latitude do local.

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (20)$$

Onde: R_a = Radiação extraterrestre ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$);
 G_{sc} = Constante solar = $0,0820 \text{ MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$
 d_r = distância relativa inversa Terra-Sol
 ω_s = ângulo da hora do por do sol [rad]
 φ = Latitude [rad]
 δ = declinação solar [rad]

Para o cálculo da Radiação solar (R_s) foi usada a fórmula desenvolvida por Hargreaves segundo recomendação do relatório 56 da FAO, com valor do coeficiente de ajustamento (k_{RS}) igual a 0,19 (pelo Rio de Janeiro se tratar de uma cidade litorânea e as regiões do Maracanã e São Cristóvão estarem nas imediações do porto da cidade).

$$R_s = k_{RS} \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \quad (21)$$

Onde : R_s = Radiação solar ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)
 R_a = Radiação extraterrestre ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)
 T_{max} = Temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{min} = Temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$)
 k_{RS} = Coeficiente de ajustamento (0,16 a 0,19) ($^{\circ}\text{C}^{-0,5}$)

Para as demais variáveis atmosféricas foram usadas as leituras da estação climatológica de São Cristóvão do Sistema Alerta Rio, conforme Anexo B.

2.8 Análise SWOT

Com base nos resultados alcançados foi realizada a análise SWOT (FOFA, em Português) do trabalho, expondo as forças e fraquezas no âmbito interno do projeto e as oportunidades e ameaças dadas no campo externo.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os ciclos se desenvolveram entre o Inverno e a Primavera de 2016. No ciclo I as mudas foram transplantadas na manhã do dia 15 de Julho, e as plantas colhidas na manhã de 16 de Agosto, totalizando 32 dias de cultivo. O ciclo II se deu entre a manhã do dia 20 de Agosto e a manhã de 19 de Setembro (30 dias) e o ciclo III entre 28 de Outubro a 2 de Dezembro (35 dias). Os dados dos parâmetros elegidos foram tabulados e submetidos às análises estatísticas descritas na seção anterior.

3.1. O desempenho agronômico

3.1.1. Produção total dos tratamentos

Na Tabela 6 é apresentado o sucesso, dado em termos percentuais pela razão entre o número total de plantas colhidas e o total de pés plantados; a massa fresca total (MFT) de cada tipo de tratamento por ciclo; perdas em termos percentuais das diferenças entre massa fresca e comercial totais, e a massa fresca comercial (MFC).

As MFT variaram entre 9,5 (Ciclo I, tratamento A) e 32 (Ciclo III, vasos (controle)) Kg e as MFC entre 8,8 (Ciclo I, tratamento A) e 29,7 (Ciclo III, vasos (controle)) Kg. O plantio em vasos sempre resultou em maiores massas frescas totais e comerciais em todos os ciclos. O tratamento A (tubos com 50 mm de diâmetro) resultou sempre em massas frescas totais e comerciais menores do que os outros tratamentos em todos os ciclos.

As taxas de sucesso foram sempre superiores a 99%, sendo que o ciclo III foi o melhor, igual a 100% para todos os tipos de tratamento. Entre os tratamentos, o A (CA de 50 mm) foi o que apresentou as melhores taxas de sucesso em todos os ciclos. Em parte, esses bons resultados se devem também às condições climáticas favoráveis. Por outro lado, também reasseguram o correto manejo dos equipamentos e insumos de produção.

Em termos de perdas, o ciclo II foi o melhor e o III o pior. No primeiro ciclo, a taxa de descarte, embora baixa para todos os tratamentos, se comportou de maneira diferente para vasos em relação aos tratamentos A e B (quase 50% menor). Isso pode ser explicado pela maior quantidade de água disponível aos vasos devido aos vazamentos hidráulicos ocorridos no primeiro ciclo (depois sanados). No ciclo III, o índice de perdas resultante do *toilette* das plantas foi um pouco maior em relação aos dois primeiros (7,1 a 8,4% contra 3,7 a 7,2%) devido às condições climáticas ocorridas (principalmente nas primeiras semanas), onde a alta umidade do ar e sucessão de dias chuvosos favoreceu o aparecimento de doenças fúngicas nas

Tabela 6 - Taxa de sucesso, Produção de massa fresca total (MFT); perdas e produção de massa fresca comercial (MFC) para vasos (controle), tratamento A e B, ciclos de produção I, II e III de alface crespa “Amanda” nas parcelas experimentais na Cobertura do Edifício Haroldo Lisboa, Campus UERJ Maracanã.

Ciclos	I				II				III			
Duração do ciclo (dias)	32				30				35			
Tratamentos	Sucesso	MFT	Perdas	MFC	Sucesso	MFT	Perdas	MFC	Sucesso	MFT	Perdas	MFC
	(%)	(Kg)	(%)	(kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)
Vasos	99,4	21,8	3.7	21,0	100	29,3	< 1.0	29,3	100	32,0	7.3	29,7
A	100	9,5	7.1	8,8	100	15,8	< 1.0	15,8	100	20,1	8.4	18,4
B	100	11,5	7.2	10,7	99,4	21,2	< 1.0	21,2	100	24,2	7.1	22,5

Legenda: Tratamento “A”= Calhas de Cultivo feitos de tubos de PVC DN 50mm; Tratamento “B”= Calhas de Cultivo feitos de tubos de PVC DN 75mm; Sucesso= (N° plantas colhidas/162)*100; Perdas= [(MFT-MFC)/MFT]*100

Fonte: O autor, 2016.

primeiras folhas, que foram descartadas no final do ciclo. Com a melhora das condições climáticas não foi necessário o uso de controle químico da doença, e as plantas retomaram seu ciclo de desenvolvimento normal.

De fato, nos três ciclos de produção não foram observadas grandes intercorrências de ordem natural que comprometessem o desenvolvimento fenológico das plantas, como o aparecimento de pragas ou doenças, deficiências nutricionais ou estresse hídrico por falhas nos tratamentos. Pelo contrário, até ocorreram alguns problemas operacionais, como um vazamento no sistema de irrigação dos vasos (parcela controle) no ciclo I (que foi sanado posteriormente, como será discutido a seguir). No ciclo II algumas plantas foram atacadas por lagartas, mas um controle manual (dada a pequena extensão do experimento) se mostrou eficaz. No ciclo 3 houve um início de ataque de doença nas folhas das plantas pelo excesso de umidade devido às chuvas, mas com a melhoria das condições climáticas as plantas se recuperaram sem a necessidade de controle químico dos fungos.

A Figura 29 detalha o progresso do desenvolvimento semanal das plantas acondicionadas nos Calhas de Cultivo (CA) que compõem os tratamentos A e B. Observa-se o progressivo desaparecimento dos microtubos de irrigação em meio ao dossel das plantas, à medida que as mesmas vão se desenvolvendo. A Figura 30 apresenta os aspectos das mudas de alface e sua transformação em plantas comerciais após 30 dias de cultivo no Ciclo II.

Os resultados encontrados no Ciclo II para ausência de descarte (perdas) não são incomuns e estão em acordo com aqueles encontrados por Paulus et al. (2010) e Paulus et al. (2012). Analisando a qualidade comercial das cultivares crespas Pira Roxa e Verônica cultivadas em ambiente protegido no sistema hidropônico NFT em Piracicaba (SP), verificaram que as plantas não apresentavam injúrias severas que pudessem afetar o preço de venda, portanto, definiram que toda a massa fresca seria considerada como produtividade comercial.

Por outro lado, as perdas comerciais ocorridas nos Ciclos I e III podem ser justificadas pelas condições de cultivos propostas, isto é, sem proteção de filme plástico ou qualquer outro atenuante climático, e se mostraram pequenas quando comparadas a outros sistemas produtivos comumente usados para a produção de alfaces. Resende *et al.* (2003) implantaram um campo (canteiros protegidos por túneis e filmes plásticos) para o estudo de diferentes tamanhos de mudas de alface americana variedade Raider, mensurando as plantas em massa fresca total e comercial.

Figura 29 - Aspecto do desenvolvimento vegetativo semanal (7, 14, 21 e 28 dias após transplante das mudas-DAT) durante Ciclo II.



Figura 30 - Aspectos das mudas de alface crespa Amanda com 28 dias após sementeira (a) e as mesmas mudas após 30 dias após transplante, quando foram colhidas (ciclo II) (b).



Fonte: O autor, 2016.

Aos 30 dias após transplante, as perdas variaram (conforme o tamanho das mudas) entre 38.2 a 43.7%. Lima Júnior *et al.*(2011) desenvolveram estudos em canteiros em ambientes protegidos utilizando a variedade de alface americana Raider-Plus em Lavras (MG). A diferença entre massa fresca total daquela comercial, quando da aplicação de uma lâmina de irrigação ideal, chegou a 46.1%.

Oliveira *et al.*(2004) cultivaram a variedade de alface crespa Verônica nas condições de campo aberto em Mossoró (RN), e obteve um rendimento comercial 19% menor do total colhido. Andrade Júnior *et al.* (2005) observaram perdas em torno de 11 a 13.7% da massa

fresca total em relação àquela comercial em alfaces lisas (Regina e Elisa) cultivadas em canteiros em campo aberto em Três Corações- MG na primavera, época do ano favorável ao desenvolvimento dessas folhosas.

Ferreira *et al.*(2009) testaram o plantio de variedades de alface crespa nas condições de campo e casa de vegetação no Acre e constataram uma produção 55% menor no campo em relação ao ambiente protegido (pelas duras condições climatológicas da região quanto ao calor e umidade) e perdas na ordem de 8.2% (estufa) e 9.2% no campo.

3.1.2 Produção média dos tratamentos

A Tabela 7 apresenta os resultados médios das massas frescas comerciais (MFC) por planta (g.planta^{-1}) e por ciclo de desenvolvimento e seus desvios-padrão, seguido do diâmetro médio do caule (cm) com as quais essas plantas foram colhidas

Tabela 7 – Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros aferidos (massa fresca comercial por planta (g.planta^{-1}) e diâmetro do caule (cm)) das alfaces colhidas nos 3 ciclos experimentais

Ciclos	I	II	III
Parâmetro I	Massa fresca comercial por planta		
Vaso	129,5 \pm 30,2	181,2 \pm 40,4	183,3 \pm 22,1
A	54,6 \pm 18,5	97,5 \pm 24,1	113,7 \pm 27,6
B	66,1 \pm 18,1	130,9 \pm 38,7	138,6 \pm 32,7
Parâmetro II	Diâmetro do caule por planta		
Vaso	1,47 \pm 0,21	1,33 \pm 0,18	1,58 \pm 0,14
A	1,07 \pm 0,17	0,93 \pm 0,16	1,09 \pm 0,19
B	1,20 \pm 0,20	1,20 \pm 0,24	1,37 \pm 0,18

Legenda: A= tratamento CA DN 50 mm; B= tratamento CA DN 75 mm
Fonte: O autor, 2016.

As médias das massas frescas comerciais variaram entre 54,6 e 183,3 g, sendo que as menores médias foram encontradas no Tratamento A (CA 50 mm) e as maiores no tratamento controle (vasos). O tratamento B (CA 75 mm) se comportou de maneira intermediária, variando entre 66 g no Ciclo I e 138,6 g no ciclo III.

Para a verificação da existência ou não de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos, os dados foram submetidos à ANOVA (Análise de Variância).

3.2 Avaliação da igualdade da variância pelo teste de Levene modificado

Em todos os casos (Tabelas 8, 9 e 10), o valor de F calculado pelo teste de Levene dentro de cada Bloco para massa fresca comercial ficou abaixo do valor tabelado. Lembrando-se que cada Bloco de um determinado Tratamento (V, A ou B) era formado por 6 réplicas (CA) de nove plantas cada, sendo 3 réplicas com “furos” e 3 com “rasgos”. Dessa forma pode-se concluir que a hipótese nula é verdadeira, ou seja, as variâncias das réplicas de cada bloco são iguais. Após o teste de Levene mostrar que não houve diferença entre as variâncias, foram realizados os testes usando a ANOVA para avaliação das réplicas dentro dos blocos, comparação entre blocos, influência do design do CA (rasgo e furo) e comparação entre os Tratamentos A, B e V (controle).

Tabela 8 – Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento A

Tratamento A1			
CICLO I			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,088	0,22	0,44
CICLO II			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,93	0,66	0,42
CICLO III			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,30	0,49	0,76
Tratamento A2			
CICLO I			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,31	0,39	1,3
CICLO II			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,61	1,0	0,38
CICLO III			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,99	0,017	0,32
FTAB (0,05;2;24)* 3,40			

Legenda: * nível de confiança de 95%, tendo 2 graus de liberdade no numerador e 24 graus de liberdade no denominador para os tratamentos A e B (F TAB (0,05;2;24)*) e 5 graus de liberdade no numerador e 48 no denominador para os vasos (V-controle).

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO, 2016.

A Tabela 8 apresenta os valores de F Tabelado (F Tab = 3,4) e os valores de F calculado (F calc) para todos os blocos dos 3 ciclos realizados para o Tratamento B1. Segundo o Teste de Levene modificado, os Valores de F calc ficaram entre 0,028 (Bloco I do Ciclo II) a 2,4 (Bloco II do Ciclo I), todos abaixo do valor fixado (F Tab =3,4) segundo os critérios de graus de liberdade dados pelo número do numerador (2) e denominador (24), podendo-se afirmar com um índice de 95% de certeza que a variância das réplicas são iguais. O mesmo raciocínio se aplica para os Tratamentos Vasos.

Tabela 9 – Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento B

Tratamento B1			
CICLO I			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,25	2,4	0,76
CICLO II			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,20	0,90	0,052
CICLO III			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,20	0,67	0,54
Tratamento B2			
CICLO I			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,097	1,7	1,6
CICLO II			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,028	0,60	1,1
CICLO III			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,062	0,88	0,24
FTAB (0,05;2;24)*	3,40		

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO 2016.

Tabela 10 – Teste de Levene modificado para a comparação das réplicas dos blocos do tratamento Vasos

VASOS			
CICLO 1			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,18	0,71	1,1
CICLO 2			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	0,15	0,62	0,14
CICLO 3			
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3
F CALC	1,3	0,16	0,70
FTAB (0,05;5;48)*	2,56		

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO, 2016

3.2.1 ANOVA para a comparação entre os arranjos produtivos

Como não houve diferença entre a variância dos dados, optou-se pela seleção de amostras de forma aleatórias na hora de fazer a comparação. Foram selecionadas nove amostras de cada: tratamento A (CA 50 mm), tratamento B (CA 75mm) e vasos, totalizando vinte e sete amostras. O teste foi realizado para um nível de confiança de 95% e os resultados se encontram na Tabela 11.

Onde: (Hipótese nula) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

(Hipótese alternativa) H_1 : Pelo menos uma das médias diferente das demais.

Tabela 11 - Análise da variância entre os tratamentos A, B e V

	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3
F CALC.	25,5	25,42	29,84
F TAB (0,05; 2; 24)*	3,40		

*FTAB (α , GL numerador; GL denominador)

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO 20126.

Os valores em vermelho indicam uma diferença entre os níveis comparados, o que já era esperado. A partir desses resultados foi realizado um teste de Tukey para cada ciclo (Tabela 12) para um nível de confiança de 95%.

Tabela 12 – Teste de Tukey-Kramer para diferentes médias de massa fresca por planta dos tratamentos A, B e V

CICLO 1		
	L.I	L.S
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 25,78$	2,76	48,79
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 65,33$	42,32	88,35
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 39,56$	16,54	62,57
CICLO 2		
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 60,22$	18,66	101,78

$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 118,67$	77,10	160,23
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 58,44$	16,88	100,01
CICLO 3		
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 47,78$	19,57	75,98
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 87,11$	58,91	115,32
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 39,33$	11,13	67,54
$Q_\alpha = 3,53$ (3 gl no numerador e 24 gl no denominador)		

** LI = limite inferior do intervalo crítico; LS = limite superior do intervalo crítico.

Legenda: onde \bar{X}_1 é a média do tratamento A, \bar{X}_2 do B e \bar{X}_3 do tratamento V

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO, 2016.

Como era esperado houve diferença entre os níveis, sendo o par X1 – X3 (A x V) com a maior diferença em todos os ciclos, tendo sido no ciclo 2 a diferença maior e no ciclo 1 menor. Houve também diferenças (menores) entre os pares X1 – X2 (A x B) e X2 – X3 (B x V). No caso da diferença entre X1 – X2, a menor diferença entre eles observada no ciclo 1 e a maior no ciclo 2.

Os arranjos produtivos se comportaram de maneira esperada, em função da maior disponibilidade de substrato por planta oferecida pelos vasos (1 litro por planta) em relação aos arranjos produtivos A e B (0,22 e 0,5 litros por planta, respectivamente). Era esperado também as diferenças entre os arranjos produtivos A e V serem as maiores, sendo que as comparações entre B x V e A X B se comportarem de maneira intermediária. No ciclo I ocorreram uma série de intercorrências relacionadas ao manejo técnico dos arranjos produtivos que interferiram nos resultados gerais do ciclo. Já no ciclo II ocorreram conjunção de fatores climáticos e o aperfeiçoamento da técnica que levaram à obtenção de dados mais próximos aos esperados.

O diâmetro dos caules acompanhou o comportamento das massas frescas, variando de 0,93 cm no arranjo produtivo A no Ciclo II até 1,58 cm no arranjo produtivo controle (vasos) no Ciclo III. O arranjo produtivo B também obteve um comportamento intermediário entre A e V, obtendo médias entre 1,20 cm nos Ciclos iniciais e 1,37 no Ciclo III.

3.2.2 Teste de Tukey-Kramer para a comparação das médias de produção de massa fresca por planta entre os ciclos

Na Tabela 6 é possível observar que sempre houve um aumento de massa do ciclo 1 ao ciclo 3 independente de se ter o CA de 50mm (A), o CA de 75mm(B) ou vasos (V). Para o arranjo produtivo B a média das massas praticamente dobrou do ciclo 1 para o ciclo 2 e teve uma pequena variação do ciclo 2 para o ciclo 3. Já para os vasos a variação entre o ciclo 2 e 3 foi pequena, tendo uma variação maior entre o ciclo 1 e 2. As médias foram comparadas por meio do teste t agrupado para um nível de confiança de 95%.

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (Comparação entre o ciclo 1 x ciclo 2)

$H_0: \mu_2 = \mu_3$ $H_1: \mu_2 \neq \mu_3$ (Comparação entre o ciclo 2 x ciclo 3)

Sendo o teste proposto bilateral, o critério de rejeição da hipótese nula seria se o valor de T calculado estivesse em uma das seguintes situações:

TCALC. < - TTAB OU T CALC > + TTAB

Para a aceitação da hipótese nula, devia – se ter:

- TTAB < T CALC. < + TTAB

Com base nesses critérios foi construída a Tabela 13 com os valores de T calculado. Os valores em vermelho são os que ficaram na região de rejeição da hipótese nula, de acordo com os critérios estipulados anteriormente.

Tabela 13 - Teste t – *Student* para a comparação das médias de produção de massa fresca por planta entre os ciclos

Tratamento	T Calculado (TCALC)	
	Ciclo I X Ciclo II	Ciclo II X Ciclo III
V	-13,4	-0,58
A	-17,97	-5,63
B	-19,3	-1,93
TTAB (0.025,160)*	± 1,97	

*TTAB (α , gl)

Fonte: Prof. JÉSSICA DE PINHO, 2016.

A partir do Teste t é possível observar que não há diferença estatística entre o ciclo 2 e 3 no tocante a média de massa produzida tanto para o arranjo produtivo B quanto para os vasos. Para o arranjo produtivo A, pela variação do valor de t calculado e pelos valores

originais de média da massa é possível observar uma melhora de um ciclo para o outro (ciclo 1 para o 2 e desse para o 3). A maior diferença entre as médias se observa novamente para o arranjo produtivo A e a menor diferença para os vasos.

Em relação aos ciclos, como foi comentado acima, notou-se um incremento nas médias das massas frescas de um ciclo ao outro para todos os arranjos produtivos, sendo esse salto maior do primeiro para o segundo ciclo, mesmo este sendo colhido 2 dias antes que o primeiro (30 dias contra 32). Essa melhoria nas médias das massas frescas pode ser explicada por uma conjunção de fatores como o clima excepcional para a cultura, com temperaturas amenas e ausência de chuvas (contribuindo para o não aparecimento de doenças) e o domínio das técnicas de manejo (com as lições aprendidas no ciclo I), gerando uma precocidade de dois dias na colheita, com conseguinte economia nos recursos de produção. Embora o Ciclo III tenha se alongado por quase uma semana em relação ao Ciclo II (significando custos maiores), o ganho em massa fresca comercial se equiparou estatisticamente para os tratamentos B e V ao Ciclo II. Isso pode ser contabilizado pela maior percentagem de perdas totais, principalmente devido ao clima úmido que propiciou o aparecimento de doenças fúngicas que causaram lesões nas folhas mais basais, que foram descartadas no *toilette*. O pequeno incremento de produção do arranjo produtivo A no ciclo III em relação ao II, embora estatisticamente significativo, pode ser ou não economicamente interessante, devido aos custos diários envolvidos (análise de ganho marginal). Por outro lado, esse crescente ganho de um ciclo para o outro no arranjo produtivo A, justamente o menos favorecido entre os três, pode assinalar uma resposta da espécie aos aperfeiçoamentos técnicos ganhos com o tempo. Com o aperfeiçoamento do sistema de irrigação, principalmente no tocante ao acionador automático, pode-se imaginar um crescimento maior das plantas, funcionando esse tipo de arranjo semelhante a uma hidroponia.

Outro aspecto que envolve o diâmetro dos CA é a possibilidade de se trabalhar com mudas com torrões maiores. Nesse trabalho optou-se por trabalhar com mudas de 10 cm³ de torrão, pela adequação destas aos CA de 50 mm. Segundo a literatura, uma maneira de se conseguir plantas com maior massa fresca é utilizando-se mudas com torrões maiores (como será discutido), o que seria mais adequado para os tratamentos B e V.

No caso do diâmetro do caule notou-se, em termos absolutos, uma diminuição dos valores no Ciclo II em relação ao Ciclo I dos arranjos produtivos Vasos e A (1,47 para 1,33 cm no primeiro e 1,07 para 0,93 cm no segundo), e uma estabilização no arranjo produtivo B (1,20 cm) mesmo com a excelente e crescente *performance* quanto à produção de massa fresca obtida entre os dois primeiros ciclos. Pode-se pensar que o grande crescimento das

plantas no ciclo II tenha acirrado a competição por luz, fazendo as plantas estiolarem (folhas maiores e caules mais finos). Já no ciclo III todos os arranjos produtivos apresentaram diâmetros de caule maiores aos ciclos I e II, condizente com o maior número de dias do ciclo (35).

3.3 Projeto e configuração dos arranjos produtivos A e B

A Tabela 14 apresenta os resultados referentes à produção média das plantas de massa fresca comercial (MFC) e diâmetro do caule por subníveis de tratamento nos 3 ciclos realizados. Os dados completos (Quadro de resultado sobre cada arranjo produtivo, suas repetições em cada ciclo se encontram no APÊNDICE A).

Tabela 14 – Média dos parâmetros massa fresca comercial (MFC) por planta (g.pl^{-1}) e diâmetro do caule por planta (cm.pl^{-1}) na colheita, por arranjo produtivo (A, B e V) e subníveis (A1, A2, B1 e B2) nos 3 ciclos realizados.

Parâmetros	Ciclo	V	A		B	
			A1 (furo)	A2 (rasgo)	B1 (furo)	B2 (rasgo)
MFC(g.planta^{-1})						
	I	129,5±30,2	54,6±18,8	54,6±18,1	66,6±14,6	65,4±20,9
	II	181,2±40,4	96,5±22,8	98,4±25,1	138,1±40,1	123,7±35,5
	III	183,3±22,1	109,2±26,4	118,1±28,0	141,1±32,2	136,1±32,7
Diâmetro Caule (cm.planta^{-1})						
	I	1,47 ± 0,21	1,06 ± 0,17	1,08 ± 0,18	1,18 ± 0,22	1,20 ± 0,15
	II	1,33 ± 0,18	0,96 ± 0,13	0,90 ± 0,18	1,20 ± 0,24	1,20 ± 0,25
	III	1,58 ± 0,14	1,07 ± 0,20	1,11 ± 0,18	1,39 ± 0,16	1,36 ± 0,19

V=vasos; A1= CA 50mm furados; A2= CA 50mm rasgados; B1=CA 75mm furados; B2= CA 75mm rasgados
Fonte: O autor, 2016.

De acordo com a Tabela 14, quanto ao parâmetro massa fresca comercial, os arranjos produtivos A1 e A2 tiveram as mesmas médias no Ciclo I; no ciclo II uma ligeira vantagem para as plantas produzidas no CA rasgado, o mesmo ocorrendo para o ciclo III. No caso do arranjo produtivo B a mesma igualdade ocorreu no ciclo I, e uma ligeira vantagem para as plantas produzidas nos elementos furados no ciclo II e III.

Quanto ao parâmetro diâmetro do caule, houve uma mínima vantagem para os elementos rasgados nos ciclos I e III para o arranjo produtivo A, e uma vantagem para os CA furados no ciclo II. Para o arranjo produtivo B houve uma ligeira vantagem numérica para os elementos rasgados no ciclo I, uma mesma média no ciclo II e uma maior média de diâmetros para as plantas produzidas nos CA furados no ciclo III.

Andrade Júnior *et al.* (2005) utilizaram o diâmetro dos caules das plantas (medidos por um paquímetro em centímetros) das variedades de alface lisa Regina e Elisa como um dos parâmetros de desempenho agrônômico em Três Corações- MG. Testando as variedades descritas em condições de canteiros em campo aberto durante a primavera (época de condições climáticas favoráveis para a cultura na Região Sudeste), após 42 dias do transplante das mudas obtiveram diâmetros de caule médios entre 1,91 a 2,54 cm para alfaces da variedade Regina, e 1,69 a 2,74 cm de diâmetro de caule para a variedade Elisa. Embora outros parâmetros utilizados como a produção total e comercial por planta, diâmetro médio de cabeça e número médio de folhas tenham diferido expressivamente entre as duas variedades, não foi observada diferença significativa entre as cultivares para o diâmetro médio de caule.

3.3.1 ANOVA de dois fatores (para tamanho do CA e tipo de inserção- furo ou rasgo)

A fim de se comprovar a existência ou não de diferença entre os tratamentos quanto aos seus sub níveis, isto é, quanto ao tipo de configuração dos Calhas de Cultivo (CA), rasgados ou furados , os dados foram submetidos ao teste F de ANOVA para dois fatores.

Como não havia diferença entre os blocos (Tabelas na seção APÊNDICES B), as amostras foram escolhidas de forma aleatória para realizar o teste. Na Tabela 15 têm-se os valores de F calculado pela ANOVA de dois fatores, onde “tamanho” corresponde ao diâmetro dos CA (dois níveis: 50 e 75 mm de diâmetro) e “tipo”, corresponde à inserção das mudas no perfil dos CA (dois níveis: rasgo ou furo). Foram selecionadas nove amostras de cada combinação: CA 50 com furo (A1), CA 50 com rasgo (A2), CA 75 com furo (B1) e CA

75 com rasgo (B2), totalizando 36 amostras. O teste foi realizado para um nível de confiança de 95%.

Para o fator A (tamanho):

Hipótese nula - $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótese alternativa - $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Para o fator B (tipo):

Hipótese nula - $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótese alternativa - $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Para a interação:

Hipótese nula - $H_0: a \text{ interação de A e B} = 0$

Hipótese alternativa - $H_1: a \text{ interação de A e B} \neq 0$

Tabela 15 – Teste F de ANOVA para dois fatores: tamanho e tipo de CA

Comparação	I	II	III
Tamanho	10,36	6,35	6,3
Tipo	3,21	0,04	0,33
Interação	0,42	0,20	2,59
FTAB (0,05;1;32)*	4,1		

* FTAB (α , GL numerador, GL denominador)

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO, 2016.

Os valores em vermelho indicam que há diferença entre os níveis no fator tamanho, ou seja, que há diferença entre os CA de 50 e CA de 75 (Tabela 15 e Figura 31), mas não diferença entre o rasgo e furo para os tratamentos, assim como a interação não é significativa para um nível de confiança de 95%. Também foi possível observar que a maior variação entre os CA foi no ciclo 1, enquanto que os ciclo 2 e 3 têm valores aproximados de F, o que indica variabilidade próxima.

Figura 31 – Diferença entre o tamanho das plantas nos arranjos produtivos A e B durante ciclo II



Fonte: O autor, 2016.

O fato de não haver diferença entre os *designs* das peças para a produção de massa fresca comercial de alfaces não implica em generalizações. Quanto ao manuseio das peças, por exemplo, os CA rasgados se mostraram muito mais fáceis de trabalhar no processo de enchimento do substrato, na inserção das mudas e no processo de desinfecção entre um ciclo e outro, onde há a necessidade de se retirar o substratos e raízes antigas para a lavagem das peças com uma solução de hipoclorito de sódio se mostrou muito mais fácil.

A retenção de água de chuvas pelos arranjos produtivos não foi estudada nesse trabalho. Faz-se pensar que o design das peças rasgadas, aliada aos diâmetros maiores, possa favorecer a retenção de água de chuvas pelos arranjos produtivos, pela maior interface de área de substrato com a atmosfera comparado aos elementos furados. Esta importante contribuição dos telhados produtivos na retenção ou atraso dos picos de vazões pode favorecer o controle de enchentes em bacias urbanas.(ALOISIO; TUINGA; LEWIS, 2016b).

3.3.2 Teste de Tukey-Kramer para o fator tamanho dos CA entre os arranjos produtivos A e B

Para os valores em vermelho, foi feito o teste de Tukey para um nível de confiança de 95% (Tabela 16). O valor tabelado (amplitude de Student, Q_α) foi obtido para o nível de confiança estipulado e graus de liberdade 2 e 32 no numerador e denominador.

Tabela 16 - Teste de Tukey-Kramer para o fator tamanho dos CA entre os arranjos produtivos A e B

	L.I*	L.S**
CICLO 1		
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 17,56$	6,44	28,66
CICLO 2		
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 30,33$	5,82	54,85
CICLO 3		
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 26$	4,90	47,10
$Q_\alpha = 2,88$ (2 gl no numerador e 32 gl no denominador)		

*LI = Limite inferior do intervalo crítico; **LS = Limite superior do intervalo crítico.

Fonte: PROF. JÉSSICA DE PINHO, 2016.

Como o intervalo crítico (L.I – L.S) não passa pelo zero em nenhum dos três casos, pode-se afirmar que há diferença entre o CA de 50 (X_1) e 75 (X_2), tendo em todos os ciclos o CA de 75 oferecido o maior resultado.

3.4. **Análise da MFC versus espaço ocupado pelo cultivo**

Na Tabela 17 são apresentadas as médias de MFC por unidade de área. Cada arranjo produtivo desenvolvido sobre as telhas ocupou uma área de 3,465 m², enquanto que as plantas desenvolvidas em vasos ocuparam uma área de 8,1 m². As produtividades (MFC/ área) variaram entre 2,5 (A, Ciclo I) e 6,5 (B, Ciclo III) Kg.m⁻². Observa-se que a produtividade foi quase sempre maior para os arranjos produtivos A e B do que para o arranjo produtivo “vasos”, desenvolvido de maneira mais convencional sobre a laje. O ciclo I foi o que apresentou as menores taxas de produção MCT por unidade de área, e o ciclo III o mais produtivo. O arranjo B foi sempre o mais produtivo.

Esses resultados podem ser decorrentes do grande adensamento inicial proposto para os arranjos produtivos A e B, onde foi plantada uma média de 50 mudas por metro quadrado. O arranjo produtivo Vasos observou um ordenamento mais convencional, entre 20 a 25 plantas por metro quadrado. Também pode ser atribuída essa melhoria ao aperfeiçoamento do manejo das parcelas experimentais, como das condições climáticas mais favoráveis, ou de ambos. Esse super adensamento pode ser competitivo na produção de plantas para o mercado de produtos pré-higienizados e minimamente processados, onde os vegetais (no caso, as folhas) são embaladas já destacadas do caule em embalagens plásticas para os supermercados ou fornecidas às cozinhas industriais, não importando o tamanho médio das plantas, mas a qualidade das folhas. Há também o mercado de minivegetais, tendência observada nos lares formados por poucas ou mesmo única pessoa (SATO; MARTINS; BUENO, 2007; AMORIM; NASCIMENTO, 2011; SALA; COSTA, 2012).

Tabela 17 - MFC por unidade de área (Kg m⁻²)

Ciclos	Arranjos Produtivos		
	Vasos	A	B
I	2,6	2,5	3,1
II	3,6	4,5	6,1
III	3,7	5,3	6,5

Legenda: A= tratamento CA DN50 mm; B= tratamento DN75 mm

Fonte: O Autor, 2016.

Os arranjos mais produtivo em relação à MFC de alface por m² foi o B, constituído por tubos com diâmetro de 75 mm (6,5 Kg por m², sem distinguir entre tubos com rasgos ou com furos). Esses resultados podem ser comparados com os de sistemas de produção mais utilizados pelo mercado.

Sandri *et al.* (2007) observaram, a partir de plantios em campo aberto em Campinas-SP, sobre canteiros com espaçamentos e condições normais para a cultura, que as produtividades para alface variedade Elisa variaram entre 3,1 a 4 Kg de massa fresca por m⁻², comparáveis com os resultados do tratamento B, sendo que este último apresentou até melhor desempenho nos ciclos II e III. Nunes (2014) relata valores de produtividade da alface variedade americana nas condições de campo no Ceará, manejo orgânico, em torno de 0.4 Kg m⁻². Medici *et al.* (2014) relata produtividades variando entre 2,8 a 3,5 Kg.m⁻² para alface

lisa, variedade Regina, em condições de canteiros no campo em Seropédica (RJ). Os autores destacam, no artigo, que os resultados obtidos nos experimentos são "bastante promissores".

Adicionalmente, foram observados na literatura valores de produtividade em condições de ambientes protegidos. Radin *et al.* (2004) compararam as mesmas variedades cultivadas em campo e em ambiente protegido em Eldorado do Sul (RS). Enquanto as primeiras obtiveram produtividades em torno de 0,5 a 0,85 Kg.m⁻² em 48 dias após o transplante, as plantas cultivadas no segundo sistema produziram quase o triplo de MCT (2.0 a 2.35 Kg.m⁻²), em bem menos tempo, 35 dias após o transplante.

Silva e Queiroz (2013) cultivaram alface crespa em vasos individuais de sete litros, em ambiente protegido com "sombrite" (uma tela negra que, quando estendida sobre toda a extensão da estufa permite a redução de 50% da radiação solar direta sobre as plantas) em Juazeiro-BA. Relatam uma produtividade média em torno de 1,0 a 2,2 Kg m⁻², conforme a lâmina de irrigação aplicada e calculada por diversos métodos (Evaporação do Tanque Classe A, evaporímetro de Piché ou tensiometria). Lima Júnior *et al.* (2011) descrevem produtividades de alface americana em ambiente protegido em Lavras (MG) em torno de 6,5 Kg.m⁻², mas com um aproveitamento comercial de 3,5 Kg.m² (perdas de 45%).

Maggi *et al.* (2006) desenvolveram cultivo de alface crespa durante o Outono/Inverno em canteiros dentro de ambiente protegido em Botucatu-SP, e após 58 dias do transplante das mudas, obtiveram produtividades entre 2,8 e 3,8 Kg massa fresca.m⁻². Gonçalves *et al.* (2005) testaram o uso de coberturas nos canteiros (para conservar a umidade) em cultivos de alface crespa no município de Araras-SP. Após 40 dias do transplante, obtiveram produtividades em torno de 8,7 kg.m⁻² para canteiros sem cobertura, e 10,5 kg m⁻² para canteiros cobertos.

Outro sistema bastante utilizado na produção de alfaces em ambientes protegidos é o hidropônico, mais comumente o NFT – *Nutricion Film Technique* (configuração semelhante aos tratamentos A e B com furos). Lyra e Zolnier (2003) em Viçosa-MG e Gualberto *et al.* (2009) em Marília-SP cultivaram alface crespa produzidas em sistema NFT e obtiveram produtividades entre 3,2 a 3,5 kg massa fresca de alface por m² para os primeiros, e 3,5 a 4,0 para os segundos. Orsini *et al.* (2014) e Sanyé-Mengual *et al.* (2015), desenvolvendo um estudo de dois anos em telhados verdes produtivos em Bologna, Itália, obtiveram produtividades de alfaces sob sistema hidropônico (NFT) na ordem de 1,5 Kg massa fresca por m² e no sistema de "floating" (onde as plantas fixadas em placas de isopor boiam sobre uma lâmina de água mais profunda- Figura 9) uma produtividade de 2,5 kg.m⁻².

Andriolo *et al.* (2004) desenvolveram um dispositivo experimental de irrigação fechada (semelhante ao hidropônico NFT) sobre telhas de fibrocimento, preenchidas com

substrato orgânico ou areia em Santa Maria (RS) onde foram plantadas variedades de alface lisa e crespa, em duas épocas diferentes do ano. Obtiveram produtividades em torno de 2,8 a 3,1 Kg.m⁻².

Quadro 5 – Resumo das produtividades (Kg.m⁻²) de massa fresca de alfaces encontradas nos arranjos produtivos (V, A e B) e na literatura

Trabalhos	Alfaces	Sistema de produção	(Kg.m⁻²)
(GONÇALVES; FAGNANI; PERES, 2005)	crespas	Canteiros em “estufa”	8,7 a 10,5
Tratamento B	crespas	Arranjo produtivo sobre telhado	3,1 a 6,5 *
(LIMA JÚNIOR et al., 2011)	americana	Canteiros em “estufa”	6,5 3,5 *
Tratamento A	crespas	Arranjo produtivo sobre telhado	2,5 a 5,5*
(GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2009)	crespas	Hidroponia NFT	3,5 a 4,0
(SANDRI; MATSURA; TESTEZLAF, 2007)	lisas	Canteiros em campo	3,2 a 4,0
(MAGGI et al., 2006)	crespas	Canteiros em “estufa”	2,8 a 3,8
Tratamento Vasos	crespas	Arranjo produtivo sobre lajes	2,6 a 3,7
(LYRA; ZOLNIER, 2003)	crespas	Hidroponia NFT	3,2 a 3,5
(MEDICI et al., 2014)	lisas	Canteiros em campo	2,8 a 3,5
(ANDRIOLO et al., 2004)	crespas e lisas	Arranjo produtivo sobre telhas	2,8 a 3,1
(RADIN et al., 2004)	Crespas e lisas	Canteiros em campo	0,5 a 0,8
(ORSINI et al., 2014a) e	Variedades	Canteiros em “estufa”	2,0 a 2,3
		Arranjos produtivos sobre	1,5 a 2,5

(SANYÉ-MENGUAL et al., 2015)	locais	laje	
(SILVA; QUEIROZ, 2013)	crespas	Vasos em “estufa”	1,0 a 2,2

Legenda: *MFC = massa fresca comercial
 Fonte: O autor, 2016.

3.5. Análise da MFC versus volume de substrato utilizados sobre a cobertura

Quando analisada a produtividade dos arranjos produtivos do ponto de vista da quantidade de substrato empregada, observa-se que o arranjo produtivo A se mostra muito mais eficiente em relação aos Vasos e ao arranjo produtivo B, que utilizam maior volume de substrato. Na Tabela 18 são apresentadas as taxas de produtividade em termos de MFC.L⁻¹ (de substrato). A menor produtividade foi constatada no arranjo Vasos (0,1 a 0,15 Kg MFC.L⁻¹ de substrato) e a maior foi relacionada com o arranjo produtivo A (0,25 a 0,5 Kg MFC.L⁻¹). O arranjo B apresentou um comportamento intermediário (0,13 a 0,28 Kg.L⁻¹). Comparando os dois arranjos produtivos A e B, compostos por tubos de 50 mm e 75mm de diâmetro respectivamente, observa-se que o primeiro foi até 80% mais produtivo em relação ao segundo por litro de substrato empregado.

A questão do volume de substrato é também muito importante no que refere à carga sobre as coberturas, como será discutido em seguida. Quanto menor a quantidade de substrato, menor a carga.

Tabela 18 – Produtividade em termos de MFC por volume de substrato agrícola (Kg.L⁻¹)

Ciclos	Arranjos Produtivos		
	Vaso	A	B
I	0,1	0,25	0,13
II	0,15	0,44	0,27
III	0,15	0,5	0,28

Legenda: A= tratamento CA DN 50mm; B= tratamento CA DN 75mm
 Fonte: O autor, 2016.

3.5.1. Análise das cargas dos arranjos produtivos sobre a cobertura

Na Tabela 19 são apresentados os resultados comparativos das cargas dos vasos e dos CA (arranjos A e B) em dois momentos do desenvolvimento do trabalho: vazios (massa dos “vasilhames”) e posteriormente massas médias dos vasos e CA no dia das colheita, contendo as plantas produzidas (uma por vaso e 9 por CA) e com o substrato na Capacidade de Campo, isto é, todos os poros praticamente preenchidos por água, supondo-se esse o peso máximo exercido pelo CA ou vaso.

Tabela 19 – Volumes (L) e massas médias (Kg) por tipo de arranjo produtivo no início e final (Ciclo II)

Tratamentos	Volume Nominal (L.unid⁻¹)	Massa recipientes vazios (Kg.unid⁻¹)	Massa do conjunto no fim do ciclo (recipiente+substrato+Planta) (Kg.unid⁻¹)	Massa média do conjunto por área (Kg.m⁻²)
Vasos	1,2	0,038	0,8	16,0
A	2,01	0,320	1,7	8,9
B	4,41	0,510	2,8	14,5

Legenda: A= tratamento CA DN 50mm; B= tratamento CA DN 75mm

Fonte: O autor (2016).

A Tabela 19 apresenta estimativas das cargas totais exercidas pelos diferentes tipos de tratamentos sobre a cobertura. No caso das telhas, foram usados dados fornecidos pelo fabricante das telhas onduladas de fibrocimento de 6 mm (Quadro 6). Foi considerado ainda a carga exercida pela camada de fibra de coco quando saturada, estimada em 20Kg.m⁻², Tem-se no final conjuntos pesando entre 30 a 40 Kg.m⁻². Isso equivale à cargas entre 0,3 a 0,4 kN.m⁻², muito abaixo daquelas cargas suportadas por esse tipo telhas (5kN.m⁻¹, segundo manual do fabricante - Quadro 6).

Castleton *et al.* (2010), consultando fabricantes Ingleses de telhados verdes extensivos, observou que as cargas exercidas pelos mesmos são da ordem de 0,5 a 0,96 kN.m⁻² (49 a 96 Kg.m⁻¹). Em discussão sobre a viabilidade de instalação desses tipos de telhados verdes na cidade de Manchester, menciona que cargas associadas com telhados verdes extensivos, até a

ordem de 120 a 150 kg.m⁻² não necessitaria de qualquer tipo de reforço dos telhados para as condições daquela cidade.

Quadro 6 - Características técnicas das telhas onduladas de fibrocimento 6 mm

Telha Ondulada 6 e 8 mm		Eternit
Características técnicas		
Composição básica	Cimento e fibras de amianto crisotila (totalmente presas ao cimento)	
Condutibilidade térmica	(20°C) K = 0,31 W/m °C	
Dilatação térmica	0,01 mm/m °C	
Dilatação por absorção de água	2 mm/m (reversível)	
Módulo de elasticidade	entre E = 15.000 e 20.000 Mpa	
Peso específico	(valor médio) $\gamma = 1,6 \text{ g/cm}^3$	
Resistência ao fogo	até 300°C	
Resistência a agentes químicos	Imune a gases secos e a vapores úmidos (com pH superior a 6)	
Resistência à flexão (carga de ruptura mínima)	Espessura 6 mm: 5 kN (500 kgf)/m Espessura 8 mm: 6,5 kN (650 kgf)/m	
Isolamento sonoro	Bom, inerte a vibrações	
Tolerâncias dimensionais	Espessura 6 mm: - 0,4 mm + 0,6 mm Espessura 8 mm: - 0,4 mm + 0,8 mm Largura 1.100 mm: $\pm 10 \text{ mm}$ Comprimento: $\pm 10 \text{ mm}$	
Normas ABNT	NBR 6123 NBR 7196 NBR 7581 NBR 8055	
Normas para projeto		

Fonte : CATÁLOGO ETERNIT PARA FIBROCIMENTO,2016, (p.35).

Santos (2011) *apud* Pereira *et al.* (2015) relata em seu trabalho que empresas do ramo de telhados verdes extensivos trabalham em seus projetos com espessura de camada de substrato de 5 a 15 cm de espessura, considerando a carga estrutural necessária entre 80 a 150 Kg m⁻². Segundo o mesmo autor, o IGRA¹ (2013) define uma das características de telhados verdes intensivos como aqueles em que a espessura da camada de substrato (para sustentar plantas de maior porte, e mesmo para o desenvolvimento de agricultura), está entre 15 a 40 cm , e a carga prevista varia entre 180 a 500 Kg m⁻².

¹ International Green Roof Association

3.5.2. Diâmetro das CA versus tamanho das mudas

Outra questão relacionada aos recipientes, no caso os CA, é a capacidade dos arranjos produtivos (A ou B) receberem mudas com os torrões maiores.

Marques *et al.* (2003) investigaram a interação entre os tamanhos dos torrões de mudas de alface e o desenvolvimento das plantas no campo. Sementes de alface crespa Vera foram semeadas em bandejas com diferentes volumes de células (25, 12 e 8 cm³) e após 26 dias foram transplantadas em canteiros no campo. Chegaram à conclusão que mudas com torrões menores geraram plantas de menor massa fresca após 30 dias do transplante em relação às outras mudas. Comprovaram que mudas produzidas com torrões menores tinham menores comprimentos de raízes e menores número de folhas, originando plantas com menor desempenho em campo (médias de massa fresca de 124,4g.planta⁻¹ para as mudas de 25 cm³, 146g.planta⁻¹ para as de 12 cm³ e 80,5g.planta⁻¹ para as de 8 cm³). Trani *et al.* (2004) e Resende *et al.* (2003) chegaram às mesmas conclusões sobre o menor desempenho de mudas produzidas a partir de torrões de 8 cm³.

A grande maioria dos autores citados nesse trabalho realizaram seus ensaios a partir de mudas de 25 ou 12 cm³,(RADIN *et al.*, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2010; BANDEIRA *et al.*, 2011; SILVA; QUEIROZ, 2013; SUINAGA *et al.*, 2013; NUNES, 2014; PRELA-PANTANO; NOVO; TRANI, 2015) sendo identificados dois trabalhos onde os autores, trabalhando com sistema de hidroponia NFT, utilizaram mudas de 8 cm³. (FELTRIM *et al.*, 2000; GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2009).

O presente trabalho utilizou mudas de volume intermediário (10 cm³), originárias de bandejas de plástico preto, não retornáveis. Tal opção foi orientada pelo pequeno volume disponível do tratamento “A” (CA 50 mm) onde o tamanho do torrão das mudas coincidiam com o diâmetro dos CA (no transplante das mudas as raízes já se acomodavam no fundo do recipiente), evidenciando-se o pouco espaço para o desenvolvimento das mesmas. Já para o tratamento “B” as mudas se acomodaram em meio ao substrato, restando uma camada no fundo para as raízes se desenvolverem. Nesse tipo de tratamento (feitos a partir de CA 75 mm) haveria espaço para se utilizar mudas com torrões maiores, que poderiam originar plantas ainda maiores (com maior MTF).

3.6 Avaliação da Eficiência Econômica

São apresentados, em sequência, os dados sobre a capacidade de geração de receitas dos arranjos produtivos, uma planilha de custos fixos e variáveis do Tratamento B e um exercício sobre o tempo de retorno do capital investido:

3.6.1. Avaliação da geração de receitas

Quadro 7 - Massa fresca comercial média por planta (g.Planta⁻¹) para os arranjos produtivos propostos e trabalhos citados

Trabalhos	Alfaces	Sistemas de produção	g.planta⁻¹
(SUINAGA et al., 2013)	crespas	Canteiros no campo	300 a 780
(MAGGI et al., 2006)	crespas	Canteiros em “estufa”	260 a 340
(SANTOS et al., 2010b)	Crespa e lisa	Hidroponia NFT	245 a 300
(PRELA-PANTANO; NOVO; TRANI, 2015)	Lisa crespa	Canteiros em campo	220 a 270
(LYRA, 2002)	Crespas lisa	Hidroponia NFT	220
Tratamento Vasos	Crespa	Arranjo produtivo sobre laje	130 a 180
(MARQUES et al., 2003)	crespa	Canteiros no campo	80 a 140
Tratamento B	crespa	Arranjo produtivo sobre telhados	70 a 140
Tratamento A	crespa	Arranjo produtivo sobre telhados	50 a 110
(ARAÚJO et al., 2010)	crespa	Canteiros em “estufa”	100
(TAYLOR et al., 2012)	Variedades locais	Estufa sobre lajes	25 a 50

Fonte: O autor, 2016.

No Quadro 7 são apresentadas as produções médias por ciclo de massa fresca comercial (MFC) por plantas dos três arranjos produtivos comparadas às médias de outros sistemas de produção.

Os valores médios de MFC encontrados para os arranjos produtivos Vasos e B (tubos de 75 mm de diâmetro) foram 130 a 180 g.pl⁻¹ e 70 a 140 g.pl⁻¹ respectivamente e, como discutido anteriormente, já eram esperadas médias maiores aos resultados do arranjo

produtivo A (50 a 110 g.pl⁻¹), pelas maiores quantidades de substrato disponíveis ao desenvolvimento das raízes das plantas.. Tais valores estão dentro das expectativas do plantio super adensado às quais as plantas foram submetidas (50 plantas por metro quadrado), comparados a outros sistemas de produção diferentes (Quadro 7), onde é usual a distribuição das plantas na razão de 11, 16 ou 20 indivíduos por metro quadrado (Quadros do ANEXO A).

Marques *et al.* (2003), testando mudas de diferentes tamanhos de alface crespa variedade Verônica, produziram plantas em condições de campo em Presidente Prudente (SP), que ao final de 30 dias após o transplante obtiveram médias de 80 a 146 g planta⁻¹. Também em condições de campo em Americana (SP), Prela-Pantano *et al.*, (2015) obtiveram plantas com médias entre 222 e 270 g planta⁻¹ colhidas 49 dias após transplante (DAT). Pesquisadores da Embrapa Hortaliças no Distrito Federal (Suinaga *et al.*, 2013) testaram 20 variedades de alfaces em campo e produziram plantas com média de 316 a 776 g planta⁻¹ após 40 dias do transplante das mudas.

Araújo *et al.* (2010) realizaram um experimento com alface crespa Verônica em ambiente protegido em Boa Vista- RR e obtiveram, após 32 dias , plantas com médias próximo a 100 g. Também em condições de ambiente protegido, Maggi *et al.* (2006) desenvolveram um experimento com alfaces crespa s em Botucatu-SP e obtiveram médias por planta entre 260 e 340 g.

Em sistemas de hidroponia NFT, Santos *et al.* (2010) produziram em 23 DAT plantas de alface crespa com médias de 245 g em Ibimirim- PE. Lyra(2002) produziu em Viçosa- MG plantas de alface crespa com tamanhos médios de 220g em 37 DAT.

Taylor *et al.* (2012), trabalhando com plantio de alfaces em telhados na capital das Filipinas, onde as plantas foram cultivadas em ambiente protegido sobre uma laje de um edifício no centro de Manila, sob um sistema de hidroponia NFT, relatam que após 15 dias do transplante das mudas produziram plantas entre 25 a 50 g massa fresca, que para os padrões daquele país, já estavam prontas para a comercialização.

Visando a avaliação do sistema produtivo experimental quanto à capacidade de produção de exemplares com valor comercial, fez-se a distribuição dos dados dos tratamentos, nos 3 ciclos, segundo a classificação comercial utilizada pela CEAGESP, o maior entreposto de hortifrúti da América do Sul. Tal distribuição se baseia em faixas de massa fresca comercial com divisões a cada 50 g. (Quadro 8), e os dados consolidados se encontram na Tabela 20.

Quadro 8 – Classificação da alface segundo massa fresca comercial por planta, sugerida pela CEAGESP em 2001 e pelo MAPA em 2005

LIMITE DE PESO INFERIOR EM g	CLASSE	LIMITE DE PESO SUPERIOR EM g
sem limite	5	< 100
≥ 100	10	< 150
≥ 150	15	< 200
≥ 200	20	< 250
≥ 250	25	< 300
≥ 300	30	< 350
≥ 350	35	< 400
≥ 400	40	< 450
≥ 450	45	< 500
≥ 500	50	< 550
≥ 550	55	< 600
≥ 600	60	< 650
≥ 650	65	< 700
≥ 700	70	< 750
≥ 750	75	< 800
≥ 800	80	< 850
≥ 850	85	< 900
≥ 900	90	< 950
≥ 950	95	< 1000
≥ 1000	100	sem limite

* É tolerada uma mistura de 10% de pés de alface de classes diferentes da especificada no rótulo, desde que pertencentes às classes imediatamente superiores e/ou inferiores.

Fonte: SANDRI *et al.*, 2007,p.20.

De acordo com a Tabela 20, o arranjo produtivo Vasos foi aquele onde foi obtida a maior percentagem de plantas que se adequam à classe 10 em diante (plantas com mais de 100g de peso médio) – 97% no ciclo II e 99% no ciclo III, refletindo o manejo adotado para esse arranjo, de menor número de plantas por metro quadrado, semelhante aos sistemas convencionais de produção (20 plantas por metro quadrado). Já para os arranjos produtivos superadensados, o tratamento B obteve melhores percentuais de plantas comerciais, com 84% no ciclo II e 90% no ciclo III. O arranjo A apresentou uma sensível melhora, passando de 2% das plantas com peso médio maiores à 100g no Ciclo I para 55% no ciclo II e 71% no Ciclo III. O arranjo Vasos reflete a menor concorrência pelos fatores de produção (luz, água, nutrientes) por parte das plantas, podendo expressar todo seu potencial genético.

Tabela 20 – Percentual de plantas segundo classificação comercial da CEAGESP (por ciclo e por arranjo produtivo)

Classes	Arranjos Produtivos								
	Vasos			A			B		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
≥ 200 g	0	33	23	0	0	0	0	3	4
$< 200 \geq 150$ g	18	47	72	0	4	10	0	26	30
$< 150 \geq 100$ g	69	17	4	2	51	61	3	55	56
< 100 g	13	3	1	98	45	29	97	16	10
TOTAL	100								

Legenda: A = CA DN 50 mm; B = CA DN 75 mm.

Fonte: O autor, 2016.

No caso do ciclo I, embora se tenha gasto mais água que nos outros dois ciclos, esta era administrada uma vez ao dia, em grandes volumes, o que era prejudicial ao sistema, já que os nutrientes eram lixiviados no efluente. Nos ciclos seguintes optou-se por vários turnos de irrigação com a aplicação de menores lâminas, o que resultou em melhores índices de produção para todos os tratamentos.

Com a adoção por parte dos produtores de sistemas de produção mais tecnificados, como a Hidroponia, onde as plantas são comercializadas com as raízes, o mercado começou a valorizar esse tipo de produto, que possui preço diferenciado. Segundo a ferramenta de compras “on line” na página do CEAGESP (“Hortiescolha”), as alfaces crespas produzidas segundo o sistema hidropônico com tamanho igual ou superior a 150g planta⁻¹ são aquelas que possuem o maior grau de valoração entre as similares (4,3 vezes maior).

Distribuindo-se os dados da Tabela 20 e elegendo-se uma classe comercial mais exigente quanto ao tamanho (plantas acima de 150 g), constata-se que o arranjo “Vasos” obtém desempenho satisfatório, principalmente nos dois últimos ciclos (18, 80 e 95% respectivamente), devido ao maior espaço e volume de substrato disponível para a exploração das raízes nos vasos e ao espaçamento maior entre plantas, gerando condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas em relação aos CA. O arranjo Vasos se adequa perfeitamente às lajes, observando-se sempre o peso do material em relação às estruturas existentes e condições seguras de trabalho.

Em relação aos arranjos produtivos realizados sobre telhas de fibrocimento, somente o tratamento “B” (CA de 75 mm) obteve (a partir do ciclo II) um percentual entre 26 a 30 % de

plantas com o mais alto grau de valoração (com uma MFC média maior a 150 g planta⁻¹). Mas se tomarmos a classe imediatamente abaixo, isto é, plantas acima de 100 g plantas⁻¹, esse percentual sobe para acima de 80 % nos arranjos “B”, e acima de 60% para os arranjos produtivos

“A” (CA de 50 mm), demonstrando que o sistema produtivo tem grandes possibilidades de se adaptar para a produção de plantas com bons tamanhos comerciais, através de aprimoramentos no processo de condução, escolha de cultivares mais adaptados ou mesmo diminuição no número de plantas por m² para um maior espaço entre plantas. É bom lembrarmos que os preços de hortifrútiis sofrem grande volatilidade no ano, e na falta do produto plantas de padrão inferior são procuradas para a substituição daqueles, e vice-versa.

3.6.2. Análise dos custos de implementação do arranjo produtivo B

O Quadro 9 apresenta a relação de custos dos materiais empregados no desenvolvimento do arranjo produtivo adaptado para telhados com coberturas de telhas de fibrocimento de 6mm , baseado nos CA de 75 mm DN. Os custos fixos foram calculados em U\$100,00 por metro quadrado, e os custos variáveis em U\$ 120,00 por ciclo, num investimento inicial de U\$ 220,00 por metro quadrado. Grande parte desses custos são de mão de obra, envolvida na confecção dos CA e instalação do arranjo produtivo sobre o telhado, e posteriormente nas tarefas cultivo e colheita. Como os sistemas foram desenvolvidos pensando-se na facilidade de confecção e manejo, o público interessado pode empregar mão de obra própria, apropriando-se dos custos principais. Nesse caso, os custos totais para se implementar o primeiro ciclo de um arranjo produtivo tipo Tratamento B seria de U\$ 88,50 por metro quadrado.

Quadro 9 - Relação de componentes e custos* (US\$) para implementação do sistema produtivo alternativo proposto para uma área de 3.50 m² aproximadamente(US\$ 1.00= R\$ 3.20, Março 2017)

Descrição do Material	Unidade	Quantidade	Custo.un ⁻¹	Subtotal
- Custo Fixo				
Bombona usada para reservatório água	50 L	2	3,13	6,25
Miniboia para caixa acoplada	Pç	1	2,19	2,19
Eletrobomba universal lavad roupa	Pç	1	7,81	7,81
Tubo PVC soldável esgoto 75 mm	barra 6m	3	14,06	42,19
Tub PVC soldável para água 32 mm	barra 3m	1	2,81	2,81
Flange PVC caixa d'água 32 mm	Pç	3	4,69	14,06
"T" PVC32 mm	Pç	1	0,47	0,47
Tub PVC soldável para água 25 mm	barra 3m	3	2,50	7,50
Registo esfera volante 25 mm sold	Pç	1	8,75	8,75
Veda rosca 50 m	Pç	1	3,13	3,13
Cotovelo "joelho" soldável 25 mm	Pç	5	0,25	1,25
"T" PVC marrom soldável 25 mm	Pç	1	0,38	0,38
Conjunto brocas aço	Cartela	1	4,69	4,69
Prego 15 x 15	Maço	1	0,94	0,94
Lâmina serra manual "Starret"	Pç	1	3,75	3,75
Micro tubos tipo "espaguete"	250 m	1	37,50	37,50
Estacas plásticas p/ micro tubo	Centos	2	6,25	12,50
"Timer" eletrônico	Pç	1	13,13	13,13
Lona plástica impermeabilizante	m ²	5	0,94	4,69
Cabo elétrico 1.5 mm	M	20	0,19	3,75
Fibra coco (transporte próprio)	Kg	45	0,16	7,03
Energia elétrica				31,25
Subtotal Custos Fixos				216,00
Subtotal Custos Fixos por m ² (F)				62,00
-Custos Variáveis				
Bandeja 200 mudas alface	Bandeja	1	4,69	4,69
Substrato	Sc. 100 L	1	4,69	4,69
Adubo fórmula completa	Kg	1	10,94	10,94
Água (rede ou carro pipa)	m ³	2	9,375	18,75
Energia elétrica				31,25
Subtotal Custos Variáveis				70,32
Subtotal Custos Variáveis. m ⁻² (V)				20,00
Total Custos (F+V). m⁻²				82,00

*Preço médio entre 5 grandes lojas do ramo; mão de obra por conta do empreendedor.

Fonte: O autor, 2016.

3.6.3 Avaliação do tempo de retorno de investimento do arranjo produtivo B

Quadro 10 - Simulação do tempo de retorno do capital investido do arranjo produtivo “B” por m² sobre telhados

Simulação	Valores
Custo Implantação m ² arranjo “B”	U\$ 62,00
Custo variável (por safra)*	U\$ 20,00
Projeção de produção	46 mudas X 90 % = 40 plantas comerciais
Projeção de venda	U\$ 0,60 alface ≥100g
Projeção de renda	U\$ 24,00
Lucro por safra	U\$ 4,00
Safras por ano	7
Renda por ano	U\$ 28,00
Tempo estimado para retorno capital	3 a 4 anos

* mão de obra por conta do empreendedor
 Fonte: O autor, 2016.

O Quadro 10 apresenta uma simulação do tempo de retorno de capital investido a partir dos resultados de produção das unidades experimentais. É um cálculo bastante conservador, onde os custos foram maximizados, isto é, muito dos equipamentos relacionados possuem capacidade ociosa e podem ser aproveitados em futuras expansões como é o caso da bomba de irrigação, reservatórios de água e micro tubos. A água de irrigação pode ser armazenada a partir das chuvas e futuros estudos permitirão um ciclo fechado, uma reutilização da água, com economia deste recurso e fertilizantes. Ainda o autor estende o tempo de retorno em mais um ano (3 a 4 anos), devido a oscilações no mercado, frustrações de safra ou mesmo a ação da inflação e depreciação do equipamento.

No Brasil há poucos estudos sobre a instalação e manutenção de telhados verdes sobre prédios, ficando prejudicada a análise dos resultados encontrados nesse trabalho. Os dados encontrados pertencem às instalações de telhados verdes extensivos, geralmente orçamentos oferecidos por empresas do ramo.

Porsche e Kohler(2003) compararam os custos de instalação de telhados verdes extensivos na Alemanha, nos USA e no Brasil. Relatam que na Alemanha e USA os custos são parecidos (em torno de U\$ 85.00 por m²), o que significa para aqueles países o dobro do custo de um telhado normal. Já para o Brasil, apesar de haver uma redução de 30% dos custos

quando comparados aos dois países, de maneira geral os autores concluem que telhados verdes podem apresentar até três vezes o custo de um telhado mais simples. Por outro lado apresentam uma durabilidade maior em relação a estes, além de contribuir com ganhos ambientais não tangíveis como redução da lâmina de *runoff* durante as chuvas, *performance* termal da edificação, redução dos níveis de ruídos, ganhos paisagísticos, habitat para fauna e flora locais, além da possibilidade da produção de alimentos, geração de trabalho e renda, talvez um novo ciclo produtivo.

Mello *et al.* (2010) calcularam o tempo de retorno do capital investido na instalação de um telhado verde extensivo (visando economia de energia elétrica com aparelhos de ar condicionado sobre a laje de um prédio da UNICAMP, em Campinas (SP)) em um pouco menos de 5 anos. Para isso consultaram uma empresa do mercado de telhados verdes que à época lhes passou um orçamento de R\$ 90.00 por metro quadrado (U\$ 1.00 = R\$ 1.70 Novembro 2010).

Rosseti *et al.* (2013) concluem que a instalação de estruturas de telhados verdes extensivos pode custar de 2 a 3 vezes o preço de um telhado tradicional, mas levando-se em conta os benefícios térmicos gerados, os investimentos podem ser pagos em menos de 5 anos com a economia de energia elétrica proporcionada pela menor utilização de aparelhos de ar condicionado, por exemplo.

Finalmente Pereira *et al.* (2015), fizeram três orçamentos com três empresas do ramo para a instalação de telhados verdes numa laje de 38 m² de um prédio em Presidente Prudente (SP). A primeira ofereceu os materiais e mão de obra para a instalação de um telhado verde extensivo por R\$ 208.00 por m²(U\$ 1.00 = R\$ 3.20 Abril 2015). A segunda empresa só ofereceu os materiais para a instalação do telhado (mão de obra por conta do contratante) por R\$ 170.00 por m² e uma terceira só vendia uma apostila orientando o cliente a montar seu próprio telhado verde com recursos locais.

3.7. Uso da água na irrigação dos arranjos produtivos

As Tabelas 21, 22 e 23 apresentam os resultados do cálculo da Evapotranspiração Potencial de Referência para intervalos de tempo diários (ET_0) para a localidade do Campus Maracanã da UERJ (-22,89667° LAT e -43,2347° LONG), pelos métodos de *Penman-Monteith* (Eq.17), *Hargreaves-Samani* (Eq.18) e *Hargreaves* (Eq.19). Os cálculos foram realizados para os 3 ciclos produtivos, assim como os coeficientes da cultura (K_C) da alface sugeridos pela literatura e baseados no desenvolvimento fenológico da cultura.

3.7.1 Cálculo da Evapotranspiração de Referência(ET_0)

Segundo Relatório para Irrigação e Drenagem da FAO-56 (ALLEN *et al.*, 2006), a compreensão e mensuração dos processos de perda de água por evaporação e transpiração das culturas são de fundamental importância para a produção de alimentos, juntamente com a otimização dos recursos hídricos, cada vez mais disputados por todos os setores da sociedade. A mensuração da Evapotranspiração das culturas está ligada a muitos parâmetros meteorológicos, muitas vezes não disponíveis para a região investigada. Nesse trabalho o autor utilizou os dados disponíveis da Estação Meteorológica de São Cristóvão, onde o parâmetro Radiação Solar (R_a) não está disponibilizado. O Relatório da FAO traz fórmulas para cálculos de parâmetros climatológicos ausentes desenvolvidos por Penman - Monteith (PMF) (baseadas, além da quantidade de radiação interceptada pela planta, na saturação de umidade do ambiente, na velocidade do vento e temperaturas) amplamente testados e aceitos pela Academia, dos quais o autor lançou mão para os primeiros cálculos de Evapotranspiração de Referência presentes nas Tabelas 21, 22 e 23. Para corroborar os dados, também fez uso da fórmula desenvolvida pelos pesquisadores Hargreaves (HRG) e Hargreaves e Samani (HS) para regiões onde somente dados de Temperatura (máxima, mínima e, por consequência, média) são disponíveis. Note-se que esta última fórmula é a única presente no Relatório da FAO para, na ausência de dados que não permitam a utilização da sugerida por Penman-Monteith, seja utilizada.

Tabela 21- Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no primeiro ciclo de produção (Inverno de 2016)

Data	DAT	ET_0 (referência)			K_C I	K_C II	ET_C^*		P	IRRIGAÇÃO		
		Penman-Monteith (PMF)*	Harg-Samani (HS)	Hargreaves (1975) (HRG)			FAO-56 (ALLEN et al. 2006)	(Silva et al. 1999)		I	II	VASOS
CICLO I		(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)			(mm.dia ⁻¹)		(mm)	(mm.dia ⁻¹)		
15/07/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
16/07/2016	1	2,2	3,5	3,9	0,7	0,7	1,5	1,5	0	17,8	20,8	20,8
17/07/2016	2	2,8	3,3	3,7	0,7	0,7	2,0	2,0	0	0,0	0,0	0,0
18/07/2016	3	1,9	2,0	2,3	0,7	0,7	1,3	1,3	0	11,2	16,6	16,5
19/07/2016	4	1,7	1,9	2,1	0,7	0,7	1,2	1,2	0	0,0	0,0	0,0
20/07/2016	5	1,6	1,9	2,1	0,7	0,7	1,1	1,1	0	0,0	0,0	0,0
21/07/2016	6	1,2	1,2	1,4	0,7	0,7	0,8	0,8	0	8,0	14,7	12,2
22/07/2016	7	1,4	1,3	1,5	0,7	0,7	1,0	1,0	0	3,0	1,3	1,0
23/07/2016	8	1,5	1,8	2,0	1,0	1,0	1,5	1,5	0	0,0	0,0	0,0
24/07/2016	9	2,3	2,4	2,7	1,0	1,0	2,3	2,3	0	18,4	45,0	38,2
25/07/2016	10	2,3	3,0	3,4	1,0	1,0	2,3	2,3	0	5,3	5,9	7,0
26/07/2016	11	2,1	2,3	2,6	1,0	1,0	2,1	2,1	0	9,2	15,0	15,7
27/07/2016	12	2,4	3,2	3,6	1,0	1,0	2,4	2,4	0	10,0	15,6	10,5

28/07/2016	13	2,9	3,7	4,2	1,0	1,0	2,9	2,9	0	32,0	13,1	11,4
29/07/2016	14	1,6	1,9	2,1	1,0	1,0	1,6	1,6	0	0,0	34,7	30,1
30/07/2016	15	1,9	2,2	2,5	1,0	1,2	1,9	2,3	0	4,9	17,3	6,6
31/07/2016	16	2,3	2,3	2,6	1,0	1,2	2,3	2,8	0	13,1	18,3	14,8
01/08/2016	17	2,4	2,5	2,8	1,0	1,2	2,4	2,9	0	12,4	15,4	14,0
02/08/2016	18	2,2	3,0	3,3	1,0	1,2	2,2	2,6	0	11,8	15,6	15,9
03/08/2016	19	2,5	2,7	3,0	1,0	1,2	2,5	3,0	0,2	7,0	15,6	15,1
04/08/2016	20	1,7	1,7	1,8	1,0	1,2	1,7	2,0	0	0,0	8,5	13,6
05/08/2016	21	2,6	2,6	2,8	1,0	1,2	2,6	3,1	0	0,0	0,0	0,0
06/08/2016	22	2,6	2,9	3,3	1,0	1,4	2,6	3,6	0	284,9	17,2	27,3
07/08/2016	23	2,2	3,2	3,6	1,0	1,4	2,2	3,1	0	0,0	20,1	22,2
08/08/2016	24	3,1	3,5	3,9	1,0	1,4	3,1	4,3	0	10,2	50,8	44,6
09/08/2016	25	2,5	2,1	2,4	1,0	1,4	2,5	3,5	0	5,3	104,6	87,2
10/08/2016	26	2,7	3,3	3,7	1,0	1,4	2,7	3,8	0	3,9	76,7	63,1
11/08/2016	27	1,9	2,1	2,3	1,0	1,4	1,9	2,7	0,8	1,9	26,3	21,5
12/08/2016	28	2,3	2,1	2,4	1,0	1,4	2,3	3,2	1	0,0	0,0	0,0
13/08/2016	29	2,0	2,3	2,6	0,95	1,6	1,9	3,2	0	0,0	0,0	0,0
14/08/2016	30	2,8	2,6	2,9	0,95	1,6	2,7	4,5	0	75,9	14,7	13,1
15/08/2016	31	2,8	3,7	4,2	0,95	1,6	2,7	4,5	0	0,2	101,4	83,3
16/08/2016	32	3,2	4,2	4,6	0,95	1,6	3,0	5,1	1	10,5	14,1	27,2
	TOTAL	71,8	82,6	92,1			67,2	84,3	3	556,9	699,4	633,0

Tabela 22 - Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no segundo ciclo de produção (Primavera de 2016)

Data	DAT	ET_0 (referência)			K_C I	K_C II	ET_C^*		P	IRRIGAÇÃO		
		Pen-Monteith PMF*	Harg-Samani HS	Hargreaves (1975) HRG			FAO-56 (ALLEN <i>et al.</i> (2006)	SILVA <i>et al.</i> (1999)		I	II	VASOS
CICLO II		(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)			(mm.dia ⁻¹)		(mm)	(mm.dia ⁻¹)		
20/08/2016	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
21/08/2016	1	2,6	3,1	3,5	0,7	0,7	1,8	1,8	11	0,0	0,0	0,0
22/08/2016	2	2,8	3,0	3,3	0,7	0,7	2,0	2,0	8,8	4,4	5,2	5,2
23/08/2016	3	1,9	2,1	2,3	0,7	0,7	1,3	1,3	2,6	4,4	5,2	5,2
24/08/2016	4	2,0	2,2	2,5	0,7	0,7	1,4	1,4	0	0,0	0,0	0,0
25/08/2016	5	2,8	2,9	3,3	0,7	0,7	2,0	2,0	0	4,4	5,2	5,2
26/08/2016	6	2,6	2,8	3,1	0,7	0,7	1,8	1,8	0	0,0	0,0	0,0
27/08/2016	7	2,9	3,5	3,9	0,7	0,7	2,0	2,0	0	5,4	11,4	10,6
28/08/2016	8	3,2	3,6	4,1	1,00	1,0	3,2	3,2	0	6,4	9,9	10,2
29/08/2016	9	3,3	4,2	4,7	1,00	1,0	3,3	3,3	0	4,0	10,8	9,5
30/08/2016	10	3,6	4,7	5,2	1,00	1,0	3,6	3,6	0	5,9	11,7	10,9
31/08/2016	11	3,5	4,3	4,8	1,00	1,0	3,5	3,5	0	5,2	10,2	9,8
01/09/2016	12	2,9	3,1	3,5	1,0	1,0	2,9	2,9	14,4	5,2	10,9	11,5

02/09/2016	13	2,6	2,8	3,2	1,0	1,0	2,6	2,6	0	6,4	0,0	0,1
03/09/2016	14	3,1	2,9	3,3	1,0	1,0	3,1	3,1	0	3,9	17,3	24,1
04/09/2016	15	3,0	3,5	3,9	1,0	1,2	3,0	3,6	0	9,0	17,6	25,3
05/09/2016	16	3,4	4,0	4,4	1,0	1,2	3,4	4,1	0	5,2	10,2	14,5
06/09/2016	17	3,2	3,5	3,9	1,0	1,2	3,2	3,8	0	5,3	10,3	14,1
07/09/2016	18	3,1	3,6	4,0	1,0	1,2	3,1	3,7	0	6,8	13,5	19,0
08/09/2016	19	3,4	3,8	4,3	1,0	1,2	3,4	4,1	2,4	5,2	10,4	13,7
09/09/2016	20	2,3	2,3	2,5	1,0	1,2	2,3	2,8	0	6,5	12,2	17,4
10/09/2016	21	2,5	2,7	3,0	1,0	1,2	2,5	3,0	0	3,8	7,4	10,3
11/09/2016	22	2,9	2,8	3,1	1,0	1,4	2,9	4,1	0	6,4	12,6	17,7
12/09/2016	23	3,8	3,6	4,0	1,0	1,4	3,8	5,3	0	5,3	7,7	10,5
13/09/2016	24	4,1	4,5	5,0	1,0	1,4	4,1	5,7	0	4,2	10,8	14,4
14/09/2016	25	4,1	5,2	5,8	1,0	1,4	4,1	5,7	0	10,0	20,1	27,6
15/09/2016	26	3,8	4,4	4,9	1,0	1,4	3,8	5,3	0	8,7	17,4	23,5
16/09/2016	27	3,0	3,3	3,7	1,0	1,4	3,0	4,2	0	12,4	25,6	33,7
17/09/2016	28	2,8	2,4	2,7	1,0	1,4	2,8	3,9	0	7,2	14,5	19,9
18/09/2016	29	3,3	3,1	3,4	0,95	1,6	3,1	5,3	0	6,1	11,8	16,3
19/09/2016	30	3,8	4,7	5,2	0,95	1,6	3,6	6,1	6,2	9,6	19,7	27,1
TOTAL		92,4	102,7	114,5			86,7	105,3	45,4	167,4	319,5	407,2

Tabela 23 - Evapotranspiração de referência (ET_0) e Evapotranspiração da cultura (ET_C) calculados e Lâmina Aplicada na irrigação dos arranjos produtivos sobre telhados no Campus da UERJ Maracanã no terceiro ciclo de produção (Primavera de 2016)

Data	DAT	ET_0 (referência)			K_C I	K_C II	ET_C^*		P	IRRIGAÇÃO		
		Pen-Monteith PMF*	Harg-Samani HS	Hargreaves (1975) HRG			FAO-56 ALLEN <i>et al.</i> , 2006	SILVA <i>et al.</i> (1999)		I	II	VASOS
CICLO III		(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)	(mm.dia ⁻¹)			(mm.dia ⁻¹)		(mm)	(mm.dia ⁻¹)		
28/10/2016	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
29/10/2016	1	3,8	3,6	4,1	3,7	0,7	2,7	2,7	0,2	17,8	20,8	20,8
30/10/2016	2	3,6	3,6	4,0	3,6	0,7	2,5	2,5	0	0,0	0,0	0,0
31/10/2016	3	3,7	3,1	3,5	3,4	0,7	2,6	2,6	0	0,0	0,0	0,0
01/11/2016	4	5,2	4,5	5,0	4,8	0,7	3,6	3,6	0	3,6	6,7	18,6
02/11/2016	5	5,0	5,4	6,0	5,2	0,7	3,5	3,5	0	3,7	6,5	7,4
03/11/2016	6	4,3	5,3	5,9	4,8	0,7	3,0	3,0	0	3,7	7,1	7,3
04/11/2016	7	4,6	5,2	5,8	4,9	0,7	3,2	3,2	39,4	5,1	9,2	10,3
05/11/2016	8	2,1	1,9	2,2	2,0	1	2,1	2,1	4,2	0,0	0,0	0,0
06/11/2016	9	2,8	2,8	3,1	2,8	1	2,8	2,8	28	0,0	0,0	0,0
07/11/2016	10	3,7	3,7	4,1	3,7	1	3,7	3,7	0	0,0	0,0	0,0
08/11/2016	11	4,7	4,9	5,5	4,8	1	4,7	4,7	0	4,9	8,9	9,8

09/11/2016	12	4,8	5,1	5,7	5,0	1	4,8	4,8	1,4	4,9	12,1	12,6
10/11/2016	13	5,9	5,8	6,5	5,9	1	5,9	5,9	1,4	5,4	13,6	13,1
11/11/2016	14	5,0	5,9	6,5	5,4	1	5,0	5,0	0	5,2	13,2	13,4
12/11/2016	15	4,7	5,1	5,7	4,9	1,2	4,7	5,6	0,6	5,8	15,1	14,8
13/11/2016	16	3,7	4,2	4,7	4,0	1,2	3,7	4,4	25	5,7	14,1	14,4
14/11/2016	17	1,9	1,7	1,9	1,8	1,2	1,9	2,3	14,8	5,7	14,4	14,1
15/11/2016	18	3,3	3,0	3,3	3,1	1,2	3,3	4,0	22,8	0,0	0,0	0,0
16/11/2016	19	4,2	4,3	4,8	4,2	1,2	4,2	5,0	0	2,1	4,8	5,4
17/11/2016	20	3,9	4,2	4,7	4,1	1,2	3,9	4,7	0	2,4	5,9	5,9
18/11/2016	21	4,8	4,7	5,3	4,8	1,2	4,8	5,8	17,8	7,9	19,8	20,3
19/11/2016	22	4,6	4,3	4,8	4,5	1,4	4,6	6,4	6	4,4	10,4	20,8
20/11/2016	23	3,7	3,6	4,0	3,6	1,4	3,7	5,2	0	ND	ND	ND
21/11/2016	24	3,9	3,5	3,9	3,7	1,4	3,9	5,5	0	23,3	58,8	59,7
22/11/2016	25	4,0	4,2	4,7	4,1	1,4	4,0	5,6	0	8,2	20,8	21,0
23/11/2016	26	4,2	4,6	5,1	4,4	1,4	4,2	5,9	0	ND	ND	ND
24/11/2016	27	3,1	3,2	3,5	3,2	1,4	3,1	4,3	0	16,2	41,3	42,7
25/11/2016	28	3,9	3,8	4,3	3,9	1,4	3,9	5,5	0	ND	ND	ND
26/11/2016	29	4,6	4,4	5,0	4,5	1,6	4,4	7,4	0	16,3	41,3	42,1
27/11/2016	30	4,6	4,4	5,0	4,5	1,6	4,4	7,4	0	9,7	24,4	25,7
28/11/2016	31	5,4	5,0	5,6	5,2	1,6	5,1	8,6	0	9,7	25,2	25,5
29/11/2016	32	4,6	5,0	5,6	4,8	1,6	4,4	7,4	0	11,8	30,3	31,5

30/11/2016	33	4,9	5,0	5,6	5,0	1,6	4,7	7,8	0	ND	ND	ND
01/12/2016	34	3,5	3,2	3,6	3,4	1,6	3,3	5,6	0,6	32,7	84,0	87,6
02/12/2016	35	2,6	3,0	3,3	2,8	1,6	2,5	4,2	0	7,1	18,7	22,6
TOTAL		143,7	145,4	162,1			132,7	168,6	162,2	223,1	527,2	567,4

Legenda: ET_c^* calculado a partir da ET_0 (referência) calculado pela fórmula de PMF*

Fonte: O autor, 2016.

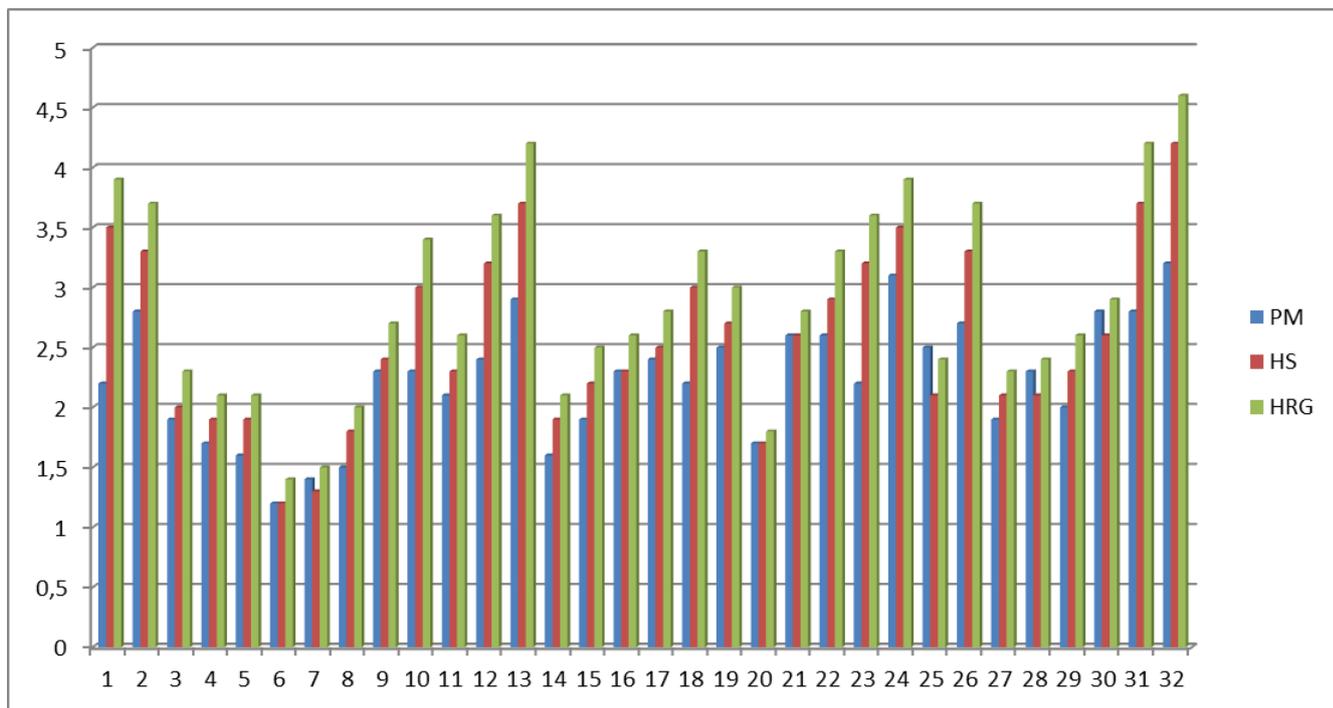
Para todos os três ciclos foi encontrada grande aderência nos valores das taxas potenciais de evapotranspiração de referência (ET_0) pelos métodos de Penman-Monteith (PMF), Hargreaves-Samani (HS) e Hargreaves (HRG), sendo que este último sempre apresentou resultados diários superiores aos outros dois métodos – PMF e HS (Gráficos 3, 4 e 5). Na contabilização total dos resultados notou-se uma maior proximidade entre os valores calculados pelos dois métodos recomendados pelo relatório FAO-56- PMF e HS - 71,8 *versus* 82,6 mm para o Ciclo I (diferença de 15%); 92,4 X 102,7 mm para o Ciclo II (11%) e 143,7 *versus* 145,4 mm para o Ciclo III (1%) e um pouco menor para a de HRG, que superestimou os cálculos em 28% no primeiro Ciclo, 24% no segundo Ciclo e 12% no terceiro ciclo (Tabelas 21, 22, 23 e 24). Os picos de evapotranspiração diária foram subindo ciclo a ciclo, sendo maiores no Ciclo III (como era esperado) devido à proximidade com o Verão, estação de intensa radiação solar no Hemisfério Sul, com conseqüente aumento de temperaturas médias do ar e intenso processo de evapotranspiração pelas plantas.

Tabela 24 – Resumo dos valores totais de ET_0 calculados pelos três diferentes métodos de cálculos empregados (Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS) e Hargreaves (HRG) para os 3 ciclos de produção.

CICLO	PM	HS	HRG	HS/PM	HRG/PM	HRG/HS
I	71,8	82,6	92,1	1,15	1,28	1,11
II	92,4	102,7	114,5	1,11	1,24	1,11
III	143,7	145,4	162,1	1,01	1,12	1,11

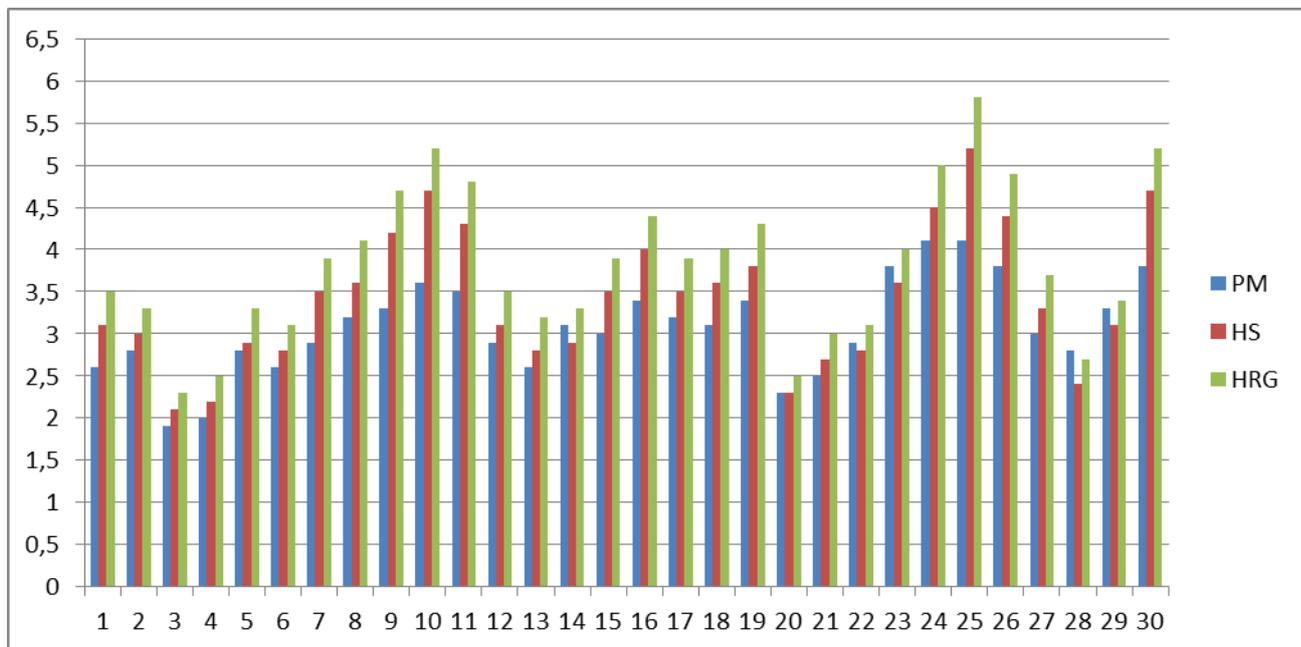
Fonte: O autor, 2016.

Gráfico 3 - Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo I

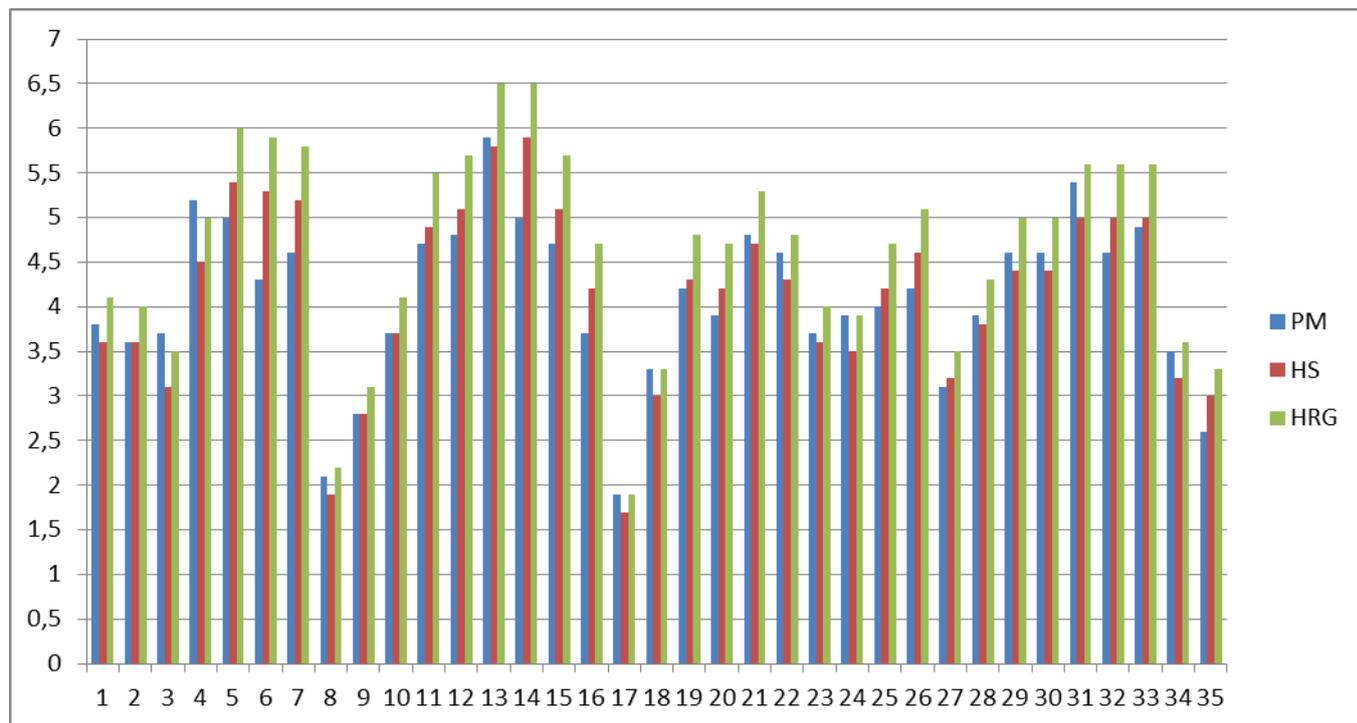


Legenda: PM = Penman-Montheit; HS = Hargreaves-Samani; HRG = Hargreaves
 Fonte: O autor, 2016.

Gráfico 4 - Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo II



Legenda: PM = Penman-Montheit; HS = Hargreaves-Samani; HRG = Hargreaves
 Fonte: O autor, 2016.

Gráfico 5 - Evapotranspiração de referência (ET_0) diária (mm) do Ciclo III

Legenda: PM = Penman-Montheit; HS = Hargreaves-Samani; HRG = Hargreaves

Fonte: O autor, 2016.

As diferenças em percentagens entre as lâminas de ET_0 calculadas por diversos métodos foram coerentes com a literatura levantada para o Estado do Rio de Janeiro.

Mendonça *et al* (2003), comparando métodos de estimativa de ET_0 na região Norte Fluminense com dados obtidos através de lisímetros de pesagem concluíram que quando se dispõe somente de dados de temperatura máxima e mínima, o método de Hargreaves-Samani apresenta adequada precisão para se estimar a ET_0 na região, sobretudo para períodos superiores a 7 e 10 dias. A diferença entre a lâmina calculada entre a equação de PM para a de HS ficou em torno de 10,5%. Barros *et al* (2009), trabalhando na região de Seropédica (RJ), concluíram que as melhores estimativas de ET_0 foram obtidas com os métodos PMF, TCA (Tanque Classe “A”) e HS principalmente para períodos de 3 e 5 dias. Os resultados obtidos na pesquisa, sugerem os autores, corroboram a observação de Pereira *et al.* (1997) de que muitos métodos empíricos de estimativa de ET_0 , pela sua simplicidade e facilidade de aplicação como é o caso de HS, não devem ser descartados, pois muitas vezes são os únicos com potencial de utilização.

A partir do estabelecimento de ET_0 foi possível partir para o próximo passo, a escolha do coeficiente de cultura (K_C) para se calcular a evapotranspiração da cultura.

3.7.2. Escolha do Coeficiente da Cultura (K_C)

Com base na revisão da literatura apresentada no capítulo 1, não foram observados muitos exemplos de estudos de valores de K_C para cultivo em telhados. Foi identificado, no entanto um consenso de que para a alface os valores de K_C são crescentes ao longo do desenvolvimento da planta, atingindo seu valor máximo na época da colheita.

No processo de escolha do coeficiente foram levadas em conta várias particularidades do cultivo em coberturas apresenta como a alta densidade de plantas por área, gerando maior quantidade de área foliar submetidas ao processo de evapotranspiração por unidade de área; a pouca profundidade do substrato (que limita o crescimento das raízes, principais provedoras de água às plantas); a maior quantidade de calor sensível no ambiente (ilhas de calor urbanas) devido aos elementos constitutivos dos edifícios, que absorvem calor ao invés de refleti-lo à atmosfera; ação de correntes de vento entre outras. A ação e interação desses fatores contribuem para o aumento na taxa de evapotranspiração das folhas.

Baseado nas condições adversas de plantio no telhado, o autor adotou os K_C com variações semanais nas seguintes proporções: 0,7 na primeira semana, 1,0 na segunda, 1,2 na terceira semana 1,4 na quarta semana e 1,6 nos dias que antecederam a colheita (SILVA; MARTINEZ; YITAYEW, 1999), dado o plantio superadensado dos arranjos produtivos propostos.

Foram calculadas também as lâminas segundo os K_C sugeridos pelo relatório FAO-56 devido à consolidação desses índices no levantamento da literatura.

Os cálculos com as lâminas de evapotranspiração da cultura foram realizados a partir da lâmina de referência segundo Penman-Monteith e se encontram nas Tabelas 21, 22 e 23. A ET_C para o ciclo I foi calculada segundo coeficiente da FAO em 67,2 mm e 84,3 mm para os coeficientes segundo Silva *et al.* (1999) (uma diferença de 25% entre os métodos); no ciclo II a diferença ficou entre 21% (86,7 versus 105,3 mm) e no terceiro ciclo a diferença ficou entre 27% (132,7 versus 168,6) e representam a soma das necessidades diárias de água pela cultura nas condições climatológicas da região da UERJ Maracanã. (Tabela 25). Essa diferença entre as lâminas calculadas deve-se ao emprego de um coeficiente de cultura maior a partir da terceira semana no método segundo Silva *et al.* (1999) – 1,2, elevando-se para 1,4 na quarta semana e chegando a 1,6 na época da colheita, devido ao aumento dos dias mais quentes e área foliar (Tabelas 21,22 e 23).

Tabela 25: Resumo dos Valores de Evapotranspiração da cultura (ET_C) a partir da ET_0 de Penman-Monteith para diferentes K_C nos três diferentes ciclos

CICLO	ET_0	K_C I	K_C II	ET_C I	ET_C II	ET_C II/ ET_C I
	(PM)	0,7; 1,0; 0,95	0,7; 1,0; 1,4; 1,6	$ET_0 \times K_C$ I	$ET_0 \times K_C$ II	
	(mm)			(mm)	(mm)	
I	71,8			67,2	84,3	1,25
II	92,4			86,7	105,3	1,21
III	143,7			132,7	168,6	1,27

Fonte: O autor, 2016.

3.7.3 Lâmina Ideal versus Lâmina Aplicada

Tomando como a lâmina ideal (ET_C) em cada ciclo àquela dada pelo produto entre a Evaporação de referência calculada pela fórmula de Penman- Monteith com os coeficientes da cultura da FAO, as lâminas de água efetivamente aplicadas no primeiro ciclo de cultivo foram 7,3 vezes maiores no tratamento vasos (67,2 x 556,9 mm), 9,4 vezes no tratamento A (67,2 x 699,4 mm) e 8,4 vezes maior no tratamento B (67,2 x 633 mm) . O desperdício pode ser creditado ao fato de não se ter tido sucesso no uso do acionador automático da irrigação e à imperícia geral no manejo dos arranjos. Ainda houve um problema de vazamento no sistema hidráulico que abastecia os vasos que contribuiu para a alta indução de água nos mesmos. Na falta do acionador automático, foi adquirido um aparelho *timer* que foi programado, primeiramente, para um único turno de irrigação de 15 min. Devido à estreita camada de substrato e à capacidade de retenção de água dos conjuntos, observou-se quantidade significativa de *runoff*, e com esses volumes, a lixiviação dos nutrientes aplicados na água (fertirrigação).

No segundo ciclo novamente tentou-se empregar o acionador automático, com novo insucesso na operação. As lições aprendidas no primeiro ciclo serviram para aprimorar o manejo, principalmente a irrigação, com o aumento no número de turnos de irrigação e diminuição da duração dos mesmos. Foi possível a diminuição dos volumes de água induzidos na irrigação dos ciclos subsequentes, mas que ainda continuaram altos, principalmente no que tange aos resultados dos tratamentos “A” e “B”. Para o tratamento

vasos foi constatado uma lâmina aplicada 0,9 vezes maior que a ideal no ciclo II (86,7 x 167,4 mm), para o tratamento A uma lâmina 2,7 vezes maior (86,7 x 319,5 mm) e para o tratamento B uma lâmina 3,7 maior (86,7 x 407,2 mm). A estratégia dos múltiplos turnos surtiu resultado em termos de redução do uso da água frente àquela do ciclo I, onde as plantas eram submetidas a um único longo turno de irrigação. O mesmo ocorreu para o tratamento B, onde o aumento do número de turnos mais breves de irrigação nos ciclos II e III resultou, embora ainda altos quando comparados à necessidade teórica (132,7 x 567,4 mm – 3,3 vezes maior), na redução dos volumes empregados no primeiro ciclo (Tabelas 21 e 22).

Quanto aos arranjos produtivos envolvendo os vasos, afora os volumes induzidos no Ciclo I, bem altos, devido problemas de vazamentos no circuito hidráulico, os volumes utilizados nos ciclos II (167,4 mm) e III (223,1 mm) ficaram mais próximas das taxas ideais (86,7 e 132,7 mm respectivamente), ou seja próximas das estimativas da evapotranspiração da cultura (0,9 e 0,7 vezes a mais).

Por outro lado, os volumes em excesso às taxas de evapotranspiração, podem também ter contribuído para um melhor desenvolvimento das plantas, pois no caso das alfaces há muitos trabalhos que mostram a boa resposta aos acréscimos de todos os fatores de produção, principalmente a água. Silva e Queiroz (2013) observaram que lâminas aplicadas 40% acima daquela calculada como ideal através de tanque evaporimétrico tipo Classe "A" foram as mais eficientes no uso da água, isto é, foi o tratamento que mais produziu por unidade de água aplicada, além de uma relação crescente com a elevação da lâmina de água aplicada para todas as variáveis analisadas (altura de plantas, massa da matéria fresca da parte aérea, número de folhas, diâmetro de roseta, massa da matéria seca da parte aérea).

Araújo *et al.* (2010) apresentaram resultados que refletem que os volumes de água utilizados na irrigação influenciaram significativamente os parâmetros de produção da alface crespa Verônica (massa de matéria fresca por planta, o número médio de folhas, rendimento), obedecendo ao modelo linear crescente, enquanto a eficiência do uso de água apresentou um ajuste linear decrescente com as lâminas de irrigação utilizadas. O máximo rendimento de 17,35 t ha⁻¹ foi obtido com a aplicação de 120% da ECA (lâmina ideal calculada através do tanque Classe A).

Essa diferença entre a aplicação de lâminas mais próxima às ideias para os vasos em relação aos tratamentos "A" e "B" (0,9 e 0,7 vezes contra 2,7 - 3,0 e 3,7 - 3,3 respectivamente) nos ciclos II e III pode ser explicada pela regulagem dos registros após as bombas de irrigação dos tratamentos, que foram mantidas (erroneamente) iguais. Vazões semelhantes alimentavam áreas diferentes, sendo a área do tratamento dos vasos 2,33 maior

que as dos tratamentos A e B (8,1 m² X 3,465 m²). Um simples ajuste nas vazões dos registros (fechamento destes) poderia ter trazido uma maior economia de água aos tratamentos A e B.

O uso de CA preenchidos com um mínimo de substrato que recebem as mudas e o uso de uma frequência grande de breves turnos de fertirrigação (uma medida paliativa à impossibilidade do uso do acionador automático com base nos tensiômetros) fez dos arranjos produtivos propostos algo parecido com um sistema hidropônico do tipo NFT, onde “timers” proporcionam a circulação de lâminas de solução nutritiva por 5 a 15 min a cada intervalo de 10 a 20 min durante o dia (LYRA, 2002; ZANELLA *et al.*, 2008; FELTRIM *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2010a).

Andriolo *et al.* (2004), preocupados com o excessivo uso de energia elétrica para ativar as bombas de circulação de solução nutritiva, propôs um sistema hidropônico do tipo NFT com o uso de substrato. Concluiu que o emprego dos substratos permitiu uma redução em torno de 92,4% no tempo de funcionamento da motobomba e simplificou tanto o manejo da fertirrigação como os controles da solução nutritiva.

3.7.4 Eficiência do uso da água (EUA) para a produção agrícola

Foi analisada a eficiência do sistema produtivo proposto em relação ao consumo de água. Os resultados de produção total de massa fresca comercial por tratamento e por ciclo estão descritos na Tabela 26 assim como as lâminas totais aplicadas e a precipitação do período, que juntas perfazem o volume total de água induzido às plantas nos tratamentos durante os ciclos. Dividindo-se o total de massa fresca comercial produzida pelos litros de água consumidos, obteve-se o total de massa fresca comercial produzida por unidade de litro aplicado, em g L⁻¹.

Entende-se que no Ciclo I, embora as condições climáticas fossem as mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura, a não familiaridade com o manejo técnico, as aplicações diárias de irrigação em um único turno e problemas com vazamentos hidráulicos não atenderam as reais necessidades fisiológicas das plantas, o que pode ter resultado numa produção de massa fresca total e comercial aquém do potencial genético das plantas. Aliado ao altíssimo consumo induzido de água no período, resultou em produtividades (em relação ao fator água) muito baixas (3,6 gramas por litro de água no tratamento A, e 4,9 g.L⁻¹, o melhor desempenho nesse primeiro ciclo para o tratamento B.

Tabela 26- Eficiência do uso da água (EUA) - massa fresca comercial por unidade de água (g. L água-⁻¹)

Tratamentos	Ciclo I			Ciclo II			Ciclo III		
	V	A	B	V	A	B	V	A	B
DAT		32			30			35	
TDC		4			6			13	
P (mm)		3			45,4			162,2	
Irrigação(mm)	556,9	699,4	633	167,4	319,5	407,2	223,1	527,2	567,4
Produção (Kg.m-2)	2,6	2,5	3,1	3,6	4,5	6,1	3,7	5,3	6,5
Total (mm) (irrigação+chuva)	559,9	702,4	636	212,8	364,9	452,6	385,3	689,4	729,6
EUA (g L⁻¹)	4,6	3,6	4,9	17,0	12,5	13,5	9,6	7,7	8,9

DAT= Dias Após Transplante; TDC= Total de Dias Chuvosos no ciclo; P= Precipitação; Total= Total de água recebida em cada tratamento no ciclo (L); Produção= massa fresca comercial de cada Tratamento/m²; EUA= Eficiência do Uso da Água;

Fonte: O autor (2016).

O ciclo II apresentou o melhor desempenho agrícola quanto ao uso da água, sendo que o aproveitamento desse importante insumo de produção pelas plantas foi obtido pelo tratamento V (vasos) em comparação aos CA dos tratamentos A e B (17 g.L⁻¹ para o primeiro contra 12,5 e 13,5 dos restantes). No ciclo II os tratamentos A e B só não obtiveram um desempenho semelhante aos vasos por outra imperícia técnica: todos os sistemas de irrigação dos tratamentos tinham as mesmas vazões, pois estariam condicionados, cada qual, a seu acionador automático da irrigação. Teoricamente o acionador do tratamento A seria acionado muito mais vezes que o acionador do tratamento B (ou o acionador do tratamento vasos), por sua pequena quantidade de substrato ter uma reduzida capacidade de armazenamento de água. O mesmo raciocínio segue em relação a mais rápida saturação do tratamento A com a irrigação, com a rápida interrupção do fornecimento de água quando a cerâmica do acionador fosse saturada por água.

Com o não funcionamento dos acionadores automáticos (cada qual independente para cada arranjo produtivo), um único *timer* assumiu a função de ligar e desligar todos os três sistemas. Em cada turno de irrigação a mesma quantidade de água era ministrada erroneamente a todos os tratamentos, já que todos os registros estavam regulados para

permitir a mesma vazão. Na época não se atentou para o fato do tratamento Vasos ter uma área maior que os outros tratamentos (8,1 m² contra 3,465 m²). Dessa maneira foi aplicada uma lâmina não muito maior à ideal para o bom desenvolvimento das plantas que estavam nos vasos, mas em demasia para as plantas dos outros 2 tratamentos, derrubando suas eficiências (produtividade) do uso da água (17 x 12,5 x 13,5 g.L⁻¹). De maneira geral esse fato ocorreu em todos os ciclos.

Em relação aos Ciclos I e II, o desempenho do ciclo III oscilou de maneira intermediária entre os dois primeiros ciclos (9,6 x 7,7 x 8,9 g.L⁻¹ para vasos, tratamento A e B respectivamente). Os tratamentos do Ciclo III só não tiveram o mesmo desempenho do ciclo II porque ficaram mais tempo no campo (quase uma semana a mais em comparação ao ciclo II), pela impossibilidade de mão de obra na data ideal (em torno de 30 DAT) e pelas perdas de massa fresca total em relação ao ciclo II, onde praticamente não houve perdas. O ganho de massa fresca esperado para esses 5 dias a mais que o ciclo III permaneceu “no campo” (esperando ser colhido) não ocorreu porque não foi adicionado fertilizantes à água no período. Portanto as plantas permaneceram hidratadas nesses 5 dias finais às custas de um grande gasto de água (K_C no período igual a 1,6) e obtiveram um baixo (mesmo nulo) crescimento, fazendo a EUA cair em torno de 50% para todos os tratamentos.

Com todos os problemas ocorridos nas quantidades de água fornecidas às plantas em todos os ciclos dos arranjos produtivos, as eficiências no uso da água obtidas são comparáveis àquelas cujos trabalhos foram desenvolvidos em regiões com grandes restrições à produção de hortaliças folhosas, com altas temperaturas e/ou pluviosidade anuais, como é o caso das regiões equatoriais ou o semi-árido brasileiro.

Araújo *et al.* (2010) obteve EUA entre 7,7 a 10,9 g.L⁻¹ em Boa Vista (RR). Silva e Queiroz (2013), trabalhando com alface na região de Juazeiro (BA) com restrições de clima e qualidade salina da água obtiveram uma EUA entre 9 e 14,1. Nunes (2014), trabalhando no cinturão verde de Fortaleza (CE) obteve EUA entre 1 a 3,5 g.L⁻¹.

Orsini *et al.* (2014) e Sanyé-Mengual *et al.* (2015), trabalhando em telhados verdes produtivos na cidade de Bologna, Itália, relatam EUA entre 2.5 e 11.1 g⁻¹ para sistemas com uso de solo e hidroponia NFT respectivamente, só tendo maior sucesso com o sistema hidropônico “floating”, quando obtiveram uma EUA de 25.0 g L⁻¹. Taylor *et al.* (2012), cultivando alfaces em ambiente protegido sobre lajes de edifícios no centro da capital das Filipinas, Manila, obteve EUA entre 17.8 e 35.7 g L⁻¹, dependendo da variedade empregada.

Nas regiões tradicionais de produção de hortaliças no Sul-Sudeste brasileiro, pesquisadores estudando melhores métodos de cálculo para a maximização do consumo de

água pela cultura da alface, obtiveram EUA em torno de 30 g L⁻¹ como concluíram Sandri *et al.* (2007) em condições de campo em Campinas (SP) ou Medici *et al.* (2014) (22,3 a 29,1 g.L⁻¹) em Seropédica (RJ). Em condições de canteiros em ambientes protegidos, os pesquisadores conseguiram EUA entre 60 a 80 g.L⁻¹ como relatam Cuppini *et al.*, (2010) em Erechim (RS); Peres *et al.* (2016) com EUA entre 58,8 e 67,3 g.L⁻¹ e Gonçalves *et al.* (2005) em Araras (SP) com EUA entre 52,3 a 84,6 g.L⁻¹.

Para o caso da produção de alfaces em telhados no Rio de Janeiro, tomando-se os dados de produção de MFC apresentados na Tabela 17 (Kg.m²) com os dados da Evapotranspiração da cultura apresentados nas Tabelas 21, 22 e 23 (mm), imaginando-se sistemas de irrigação eficientes na distribuição dessa lâmina ideal, poderia se imaginar um quadro de EUA (g.L⁻¹) teórico como o apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 – EUA (g.L⁻¹) teórico para os arranjos produtivos desenvolvidos em coberturas na UERJ Maracanã

Ciclos / Tratamentos	Vasos	A	B
I	38,7	37,2	46
II	41,5	52	70,3
III	28	40	49

Fonte: O autor, 2016.

Tomando-se os dados do ciclo II, onde as plantas puderam expressar melhor a capacidade produtiva pela conjunção dos fatores climáticos ideais com as técnicas de manejo adequadas, nota-se que os dados de EUA são parecidos com aqueles melhores resultados obtidos pelos pesquisadores citados nesse trabalho. Os arranjos produtivos A e B, constituídos por arranjos produtivos super adensados, foram os mais eficientes no que se refere à eficiência no uso da água, pois proporcionaram as melhores condições para a maior produção de MFC por unidade de litro de água empregada

3.8. Análise SWOT do arranjo produtivo proposto

Baseado na análise SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) realizado por Hui (2011) em seu trabalho sobre telhados verdes produtivos em Hong Kong, e por Carter et al., (2015) na pesquisa sobre urbanismo e mudanças climáticas, o autor se propôs ao mesmo exercício, lembrando que forças e fraquezas se referem aos fatores internos do projeto, enquanto oportunidades e ameaças se referem às ações externas do ambiente, sobre os quais o autor não tem controle.

Quadro 11- Análise SWOT do arranjo alternativo proposto para produção de alimentos em telhados urbanos no Rio de Janeiro

Forças	<p>Produção agrícola pode se dar durante todo o ano na cidade do Rio de Janeiro</p> <p>Utilização de resíduos industriais (bombas hidráulicas de máquinas de lavar roupa usadas), materiais reciclados ou que seriam descartados na natureza: uso de material orgânico que seria disposto de forma inadequada no meio ambiente</p> <p>Produção de alimentos frescos, segurança alimentar, geração de renda em nível local (“homeworking”)</p> <p>Sistema eficiente: produtivo, pode ocupar espaços não utilizados de maneira convencional, leve, eficiente uso da água, não exige grande capacitação técnica para instalação e operação.</p>
Fraquezas	<p>Acesso ao telhado pode ser perigoso</p> <p>Custo (alto para populações de baixa renda);</p> <p>Sistema de irrigação complexo: extensão dos microtubos, aquisição e mão de obra com certo nível de tecnificação</p> <p>Acesso às mudas</p> <p>Não foi testado para outras culturas (somente alface);</p> <p>Efluente da fibra de coco não pode ser reaproveitado;</p>

Oportunidades	<p>Condições climáticas favoráveis (precipitações > evapotranspiração), Armazenamento de água de chuva, diminuição de enchentes; Zero “milefood”- alimentos não precisam ser transportados de grandes distâncias, menor lançamento de CO2 na atmosfera. Altos preços dos alimentos e sazonalidade de produção no campo; Crescimento da demanda por alimentos saudáveis ou orgânicos; Perspectiva de geração de renda e empregos, principalmente em regiões mais carentes; Valorização dos imóveis e arredores. Mercado consumidor próximo Emprego de energia solar Crise econômica, desemprego elevado Apelo ecológico IPTU verde Produção de mudas</p>
Ameaças	<p>Acesso aos insumos de produção (microtubos irrigação, substrato, adubo e mudas); Falta de informação, mesmo entre os técnicos da área de construção civil; Falta de difusão-ensino e pesquisa; Falta de legislação específica; Falta de interesse político para implementação em grande escala; Falta de financiamento público; Vendavais e poluição atmosférica. Destino do efluente.</p>

Fonte: O autor, 2016.

Três contrapontos se destacam entre a análise feita por Hui (2011) e a realizada neste trabalho, refletindo as realidades culturais e econômicas diferentes das duas cidades-sede dos estudos : Hong Kong (China) e Rio de Janeiro.

O primeiro quanto a segurança dos alimentos produzidos. Enquanto Hui (2011) aponta o aspecto de segurança (“*safe*”) como uma vantagem (“força”) da produção de alimentos em coberturas urbanas, neste trabalho é apontado como uma “ameaça” aos projetos, devido a falta de estudos que comprovem o quanto a poluição ambiental pode influenciar na qualidade dos alimentos produzidos, principalmente no que se refere à contaminação por metais pesados.

Tong *et al.* (2015) concluem em seu trabalho que a concentração de material particulado ($PM_{2,5}$), uma das classes de poluentes oriundos da combustão de combustível fóssil mais prejudiciais à saúde da população, decai com a elevação da altura em relação ao solo onde os alimentos são produzidos na cidade de Nova Iorque.

O segundo contraponto é quanto a alegada falta de espaços nos telhados em Hong Kong, e a percepção da população local que vê a agricultura como uma atividade decadente. O que são apontados como fraquezas no primeiro trabalho são vistos como forças e oportunidades neste.

A grande quantidade de espaços vazios nas coberturas da cidade (que não sofrem a concorrência de painéis fotovoltaicos ou claraboias) aliadas a uma grande parcela da população com raízes na agricultura que trazem a cultura e a experiência da exploração agrícola para os centros urbanos (MARY *et al.*, 2008) são vistos como aspectos positivos para o desenvolvimento de projetos de AU em TVs neste trabalho.

Finalmente, as oportunidades apontadas por Hui (2011) como o crescimento da demanda por alimentos seguros e orgânicos, a oferta de lazer através do cultivos em telhados e a reformulação de prédios antigos aproveitando dessa tecnologia são diferentes daqueles apontados nesse trabalho, com foco na geração de negócios, renda e emprego e com os benefícios ambientais como a contribuição no controle de enchentes em bacias urbanas e reaproveitamento da água de chuva.

CONCLUSÕES

As principais conclusões foram:

- (1) É possível a produção sistemática de alfaces em coberturas de edifícios situados em bacias hidrográficas densamente urbanizadas como a do Rio Joana (Maracanã), na cidade do Rio de Janeiro. Em todos os ciclos e tratamentos houve grande taxa de sucesso no desenvolvimento das mudas (praticamente 100%) e pequenas perdas de massa fresca total produzida (3,7 a 8,4%), levando assim a possíveis ótimos rendimentos comerciais (100% no ciclo II).
- (2) Quanto ao *design* das Calhas de Cultivo (CA), o formato da inserção das mudas nas mesmas (furos ou rasgos) não causaram alteração nas médias de produção para o sistema de gotejamento. As peças rasgadas apresentam condições melhores de manuseio, otimizando operações como enchimento ou esvaziamento dos elementos com substrato, limpeza e higienização e fixação das mudas. O aspecto de retenção de água, não contemplado por este estudo, pode ser outro ponto favorável ou não às peças “rasgadas”, pela maior área exposta com substrato à captação da água de chuva ou às perdas por evaporação
- (3) Quanto à eficiência do uso da água (EUA), ela se apresentou baixa para todos os tratamentos devido, primeiramente, ao não funcionamento do acionador automático da irrigação baseado no projeto de um mini tensiômetro ligado a um pressostato de máquina de lavar roupa. O acionador era um dos pilares de sustentabilidade do projeto, pois administraria somente as lâminas necessárias às plantas. Ao tentar se improvisar um *timer* para gerenciar a irrigação, grandes quantidades foram aplicadas sem critérios, rebaixando as médias de EUA para 3,6 a 4,9 g de Massa Fresca Comercial por litro de água empregada no ciclo I. Pequenos aperfeiçoamentos permitiram melhores EUA (12,5 a 17 g.L⁻¹) no ciclo II. Um atraso na colheita do ciclo III fez a EUA cair novamente no Ciclo III (7,7 a 9,6 g.L⁻¹).
- (4) Confrontando os resultados de produção, principalmente aqueles obtidos a partir do segundo ciclo, com as necessidade hídricas potenciais da cultura, calculadas a partir das variáveis meteorológicas disponíveis no Sistema Alerta Rio, chegou-se à EUA teórica da produção de alfaces em telhados urbanos do Rio de Janeiro, que não são diferentes daquelas produzidas em sistemas tradicionais no campo.

Conclui-se assim que o aperfeiçoamento de sistemas de acionamento automático da irrigação são fundamentais para o bom aproveitamento da água no contexto urbano.

- (5) A análise SWOT possibilitou a identificação de uma série de pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças externas. As forças do projeto estão justamente na eficiência frente às limitações levantadas como espaço, peso dos equipamentos, baixo custos e eficientes em termos de uso da água. A maior fraqueza dos arranjos produtivos testados está relacionado ao sistema de irrigação apresentado, na quantidade de água a ser aplicada e como distribuir de maneira homogênea essa lâmina às plantas. O sistema de microtubos pode não ser tão acessível (econômica e tecnicamente) à população. Dentre as muitas oportunidades identificadas, a possibilidade de geração de emprego e renda está entre aquelas de maior apelo social,. Uma grande ameaça não investigada no trabalho é a ação da suposta poluição ambiental atribuída à grande quantidade de veículos automotores no local.
- (6) Como limitação do projeto pode-se apontar a falta de dados climatológicos tomados no local do experimento para o cálculo da Evapotranspiração Potencial ou o mal funcionamento do sistema de recolhimento do *runoff*, que não permitiu o desenvolvimento da análise do Balanço Hídrico do sistema. O não funcionamento do acionador automático da irrigação pode ser creditado à falta de detalhes mais precisos para sua montagem e funcionamento. O aparelho pode ser melhor sistematizado em novas publicações.
- (7) Linhas futuras de pesquisa devem se concentrar no cálculo de lâminas ideais de irrigação, nos coeficientes de cultura para condições de telhados verdes ou no estudo de sistemas de irrigação de ciclo fechado, que envolva a coleta de água de chuva e recirculação do efluente. Futuros ensaios, possivelmente com chuvas induzidas, poderão auxiliar na determinação da capacidade de retenção e retardo do pico de *runoff* que os arranjos oferecem. Painéis fotovoltaicos devem ser integrados para geração de energia às bombas de irrigação e a uma miniestação de tratamento do efluente. O estudo abre um leque para novas pesquisas sobre outras espécies olerícolas adaptadas, qualidade microbiológica e toxicológica dos produtos produzidos, redução de *runoff* e controle de enchentes em bacias urbanas.

REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, K.; CONARD, M.; CULLIGAN, P.; PLUNZ, R.; SUTTO, M.-P.; WHITTINGHILL, L. Sustainable Food Systems for Future Cities: The Potential of Urban Agriculture*. **The Economic and Social Review**, v. 45, n. 2, p. 189–206, 2014.
- ALBERTO, M. A.; MARY, W.; OHNUMA JR., A. A.; GOMES, M. M.; SILVA, L. P. da. Green Roofs: groups, objectives and impacts of the research in Brazil. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. Submissão, 2016.
- AL-CHALABI, M. Vertical farming: Skyscraper sustainability? **Sustainable Cities and Society**, v. 18, p. 74–77, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; D, R.; SMITH, M. **FAO Irrigation and Drainage Paper (Crop Evapotranspiration)**. [s.l: s.n.].
- ALOISIO, J. M.; TUININGA, A. R.; LEWIS, J. D. Crop species selection effects on stormwater runoff and edible biomass in an agricultural green roof microcosm. **Ecological Engineering**, 2016a.
- ALOISIO, J. M.; TUININGA, A. R.; LEWIS, J. D. Crop species selection effects on stormwater runoff and edible biomass in an agricultural green roof microcosm. **Ecological Engineering**, v. 88, p. 20–27, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.12.022>>.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AMORIM, A. M.; NASCIMENTO, K. D. O. Do. Caracterização do perfil de consumidores de alimentos minimamente processados Profile of consumers of minimally processed foods. **Nutrição Brasil**, v. 10, n. 6, p. 347–353, 2011. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/260121881_Caracterizao_do_perfil_de_consumidores_de_alimentos_minimamente_processados_Profile_of_consumers_of_minimally_processed_foods>.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; YURI, J. E.; NUNES, U. R.; PIMENTA, F. L.; MATOS, C.; FLORIO, F. C. A.; MADEIRA, D. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 899–903, 2005.
- ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da Alface empregando substratos: uma alternativa a NFT ? **Horticultura**

Brasileira, v. 22, n. 4, p. 794–798, 2004.

ARAÚJO, W. F.; DE SOUZA, K. T. S.; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M.; OLIVEIRA, G. A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 115–120, 2010.

ARRUDA, J. **Agricultura Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2011. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

<http://r1.ufrjr.br/cpda/wp-content/uploads/2012/07/Tese_Juliana_Arruda_20111.pdf>.

BANDEIRA, G. R.; PINTO, H. C. D. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. a; QUEIROZ, S. Op De; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 237–241, 2011.

BARAU, A. S. Perceptions and contributions of households towards sustainable urban green infrastructure in Malaysia. **Habitat International**, v. 47, p. 285–297, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0197397515000375>>.

BARROS, H.; LICCO, E. A.; STOEBER, O. Practical solutions for rainwater retention as an alternative measure to flooding mitigation: a feasibility study applied to the neighborhood of Boqueirão em Santos (SP). **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística-Centro Universitário Senac**, v. 4, n. 2, p. 01–11, 2014. Disponível em:

<<http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ic/article/viewFile/615/494>>.

BARROS, V. R.; DE SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica , Rio de Janeiro , utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 198–203, 2009.

BARTHEL, S.; ISENDAHL, C. Urban gardens, Agriculture, And water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. **Ecological Economics**, v. 86, p. 224–234, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.018>>.

BHATTA, G. D.; DOPPLER, W.; BAHADUR, K. K. Potentials of organic agriculture in nepal. **The Journal of Agriculture and Environment**, v. 10, p. 1–11, 2009.

BLANK, L.; VASL, A.; LEVY, S.; GRANT, G.; KADAS, G.; DAFNI, A.; BLAUSTEIN, L. Directions in green roof research: A bibliometric study. **Building and Environment**, v. 66, p. 23–28, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.017>>.

BRAZIL. **Portal da Prefeitura**. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/hortas-cariocas>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

CALIL, V.; BERNARDI, E. C. S.; RIGHES, A. Impacto da Utilização de Telhados Verdes no Escoamento Superficial do Arroio Esperança em Santa Maria- RS. **Disciplinarum Scientia**.

Série: Naturais e Tecnológicas,(Santa Maria), v. 15, n. 1, p. 1–16, 2014.

CAMERON, R. W. F.; TAYLOR, J. E.; EMMETT, M. R. What ' s “ cool ” in the world of green façades ? How plant choice in fl uences the cooling properties of green walls. **Building and Environment**, v. 73, p. 198–207, 2014. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.005>>.

CARBONE, M.; PRINCIPATO, F.; GAROFALO, G.; PIRO, P. Comparison of Evapotranspiration Computation by FAO-56 and Hargreaves Methods. **Jounal of Irrigation and Drainage Engineering**, n. April, 2016.

CARTER, J. G.; CAVAN, G.; CONNELLY, A.; GUY, S.; HANDLEY, J.;

KAZMIERCZAK, A. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation.

Progress in Planning, v. 95, p. 1–66, 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001>>.

CARTER, T.; RASMUSSEN, T. C. Hydrologic behavior of vegetated roofs. **JAWRA**

Journal of the American ..., v. 42, n. 5, p. 1261–1274, 2006. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2006.tb05299.x/abstract>>.

CASTLETON, H. F.; STOVIN, V.; BECK, S. B. M.; DAVISON, J. B. Green roofs; Building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**, 2010.

CATUZZO, H. **Green roofs: positive impact in temperature and humidity. São Paulo's City Case**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18122013-123812/pt-br.php>>.

CAVAN, G.; LINDLEY, S.; JALAYER, F.; YESHITELA, K.; PAULEIT, S.; RENNER, F.; GILL, S.; CAPUANO, P.; NEBEBE, A.; WOLDEGERIMA, T.; KIBASSA, D.; SHEMDOE, R. Urban morphological determinants of temperature regulating ecosystem services in two African cities. **Ecological Indicators**, v. 42, p. 43–57, 2014. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.025>>.

COLDING, J.; BARTHEL, S. The potential of “Urban Green Commons” in the resilience building of cities. **Ecological Economics**, v. 86, p. 156–166, 2013. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.10.016>>.

COMA, J.; PÉREZ, G.; GRACIA, A.; BURÉS, S.; URRESTARAZU, M.; CABEZA, L. F. Vertical greenery systems for energy savings in buildings : A comparative study between green walls and green façades. **Building and Environment**, v. 111, p. 228–237, 2017.

CORRÊA, M. **O Sertão Carioca**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Historico e Geographico Brasileiro, 1936.

CUPPINI, D. M.; ZOTTI, D. M.; LEITE, N. C. EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO

DA CULTURA DE ALFACE (*Lactuca sativa* L .), VARIEDADE “ PIRA ROXA ”, MANEJADA ATRAVÉS DE “ TANQUE CLASSE A ” EM. **Perspectiva**, v. 34, n. 127, p. 53–61, 2010.

DE ALMEIDA, A.; ELIAN, S.; NOBRE, J. Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias. **Revista Colombiana de Estadística**, v. 31, n. 2, p. 241–260, 2008.

DIELEMAN, H. Urban agriculture in Mexico City; balancing between ecological, economic, social and symbolic value. **Journal of Cleaner Production**, p. 1–8, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.082>>.

DJEDJIG, R.; BOZONNET, E.; BELARBI, R. Analysis of thermal effects of vegetated envelopes : Integration of a validated model in a building energy simulation program. **Energy & Buildings**, v. 86, p. 93–103, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.057>>.

DONOVAN, J.; LARSEN, K.; MCWHINNIE, J.-A. **Food-sensitive planning and urban design**. [s.l: s.n.]

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B.; BRANCO, R. Produção de alface-crespa em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal-SP. **Científica**, v. 37, n. 1, p. 9–15, 2009. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/259>>.

FELTRIM, A. L.; FILHO, A. B. C.; BRANCO, R. B. F.; BARBOSA, J. C.; SALATIEL, L. T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão , em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 505–509, 2000.

FERREIRA, R. L. F.; ELVIRO, S.; NETO, D. A.; SILVA, S. S.; ABUD, É. A.; IZA-, M.; REZENDE, D. F. L.; KUSDRA, J. F. Combinações entre cultivares, ambientes, preparo e cobertura do solo em características agrônômicas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 383–388, 2009.

FOEKEN, D. W. J.; OWUOR, S. O. Farming as a livelihood source for the urban poor of Nakuru, Kenya. **Geoforum**, v. 39, n. 6, p. 1978–1990, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2008.07.011>>.

GANDHI, V. P.; ZHOU, Z. Food demand and the food security challenge with rapid economic growth in the emerging economies of India and China. **Food Research International**, v. 63, p. 108–124, 2014. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.015>>.

GARCIA, B. A. R.; MARY, W.; SILVA, L. P. Da; ALBERTO, M. A. Runoff analysis of vegetable fibres waste materials to apply as growing substrate in green roofs. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 2015.

Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-1142_analise-do-runoff-a-partir-de-materiais-vegetais-residuais-fibrosos-para-uso-como-substrato-agricola-em-telhados-verdes>.

GATTO, C. M. **Coberturas Verdes: a importância da estrutura e da impermeabilização utilizadas**. 2012. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012. Disponível em:

<<http://www.ufjf.br/ambienteconstruido/files/2012/03/Versão-Final-Dissertação2012-11.pdf>>.

GENGO, R. D. C.; HENKES, J. A. A UTILIZAÇÃO DO PAISAGISMO COMO FERRAMENTA NA PRESERVAÇÃO E MELHORIA AMBIENTAL EM ÁREA URBANA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 1, n. n.2, p. 55–81, 2013.

Disponível em:

<http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1206>.

GERSTER-BENTAYA, M. Nutrition-sensitive urban agriculture. **Food Security**, v. 5, n. 5, p. 723–737, 2013.

GETTER, K. L.; ROWE, D. B. The role of extensive green roofs in sustainable development. **HortScience**, v. 41, n. 5, p. 1276–1285, 2006.

GONÇALVES, A. O.; FAGNANI, M. A.; PERES, J. G. Efeitos da Cobertura do Solo com Filme DE Polietileno Azul no Consumo de Água da Cultura da Alface Cultivada em Estufa. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 622–631, 2005.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **EMATER-RIO**. Disponível em:

<http://www.emater.rj.gov.br/images/ASPA2013_MUN_corr1.htm>. Acesso em: 1 jan. 2015.

GREWAL, S. S.; GREWAL, P. S. Can cities become self-reliant in food? **Cities**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2011.06.003>>.

GRIGOLETTI, G. D. C.; PEREIRA, M. F. B. Carbon dioxide emissions of green roofing – case study in southern Brazil. In: Plea 2014, r, Ahmedabad- Índia. **Anais...** Ahmedabad- Índia: 2014.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R. De; GUIMARÃES, A. D. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura brasileira**, v. 27, p. 7–11, 2009.

HASHEMI, S. S. G.; MAHMUD, H. Bin; ASHRAF, M. A. Performance of green roofs with

respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 52, p. 669–679, 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.163>>.

HUI, S. C. M. Green roof urban farming for buildings in high-density urban cities. **World**

Green Roof Conference, n. March, p. 1–9, 2011. Disponível em:

<http://www.mech.hku.hk/bse/greenroof/110318_WGRC2011_Hainan_SamHui_fullpaper.pdf>.

HIZUMI, T.; RAMANKUTTY, N. Changes in yield variability of major crops for 1981–2010

explained by climate change. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 3, p. 34003, 2016.

Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1748-9326/11/i=3/a=034003>>.

ISENDAHL, C.; SMITH, M. E. Sustainable agrarian urbanism: The low-density cities of the

Mayas and Aztecs. **Cities**, v. 31, p. 132–143, 2013. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.07.012>>.

JAVANMARD, M.; MAHMOUDI, H. A SWOT Analysis of organic dried fig production in

Iran. **Environmental Sciences**, v. 6, n. 1, p. 101–110, 2008.

JOHNSON, M. S.; LATHUILLIÈRE, M. J.; TOOKE, T. R.; COOPS, N. C. Attenuation of urban agricultural production potential and crop water footprint due to shading from buildings and trees. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 6, p. 064007, 2015. Disponível em:

<<http://stacks.iop.org/1748-9326/10/i=6/a=064007?key=crossref.93bb6bc4a0d9e3e20d4aaf7b59f0b392>>.

KAWATOKO, I. E.; MENDIONDO, E. M. Aplicação de metodologia para o estabelecimento do IPTU hidrológico em escala de lote urbano. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos

Hídricos, Maceió - AL. **Anais... Maceió - AL: 2011**. Disponível em:

<https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/8ebe567c2424aab44d7cc29438fb7ea9_6fa24949864ff4fcd21a41bc962c4698.pdf>.

KOHLER, M.; SCHMIDT, M.; LAAR, M. Roof Gardens in Brazil. In: Rio 3 - World Climate & Energy Event, Rio de Janeiro. **Anais... Rio de Janeiro: 2003**.

KOK, K. H.; SIDEK, L. M.; ABIDIN, M. R. Z.; BASRI, H.; MUDA, Z. C.; BEDDU, S.

Evaluation of green roof as green technology for urban stormwater quantity and quality

controls. In: IV International Conference on Energy and Environment, **Anais...IOP**

Publishing, 2013. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/1755-1315/16/1/012045>>.

LA ROSA, D.; BARBAROSSA, L.; PRIVITERA, R.; MARTINICO, F. Agriculture and the city: A method for sustainable planning of new forms of agriculture in urban contexts. **Land**

Use Policy, v. 41, p. 290–303, 2014. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.014>>.

LAAR, M.; SOUZA, C. G.; PAIVA, V. L. A.; AMIGO, N. A.; TAVARES, S.; GRIMME, F. W.; GUSMÃO, F.; KOHLER, M.; SCHMIDT, M. Estudo de Aplicação de Plantas em Telhados Vivos Extensivos Em Cidades De Clima Tropical. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO- ENCAC, 1, São Pedro (SP). **Anais...** São Pedro (SP): 2001. Disponível em:

<<http://livrozilla.com/doc/402141/estudo-de-aplicação-de-telhados-vivos-em-cidades-de-clima...>>.

LACERDA, B.; DIAS, J. F. Preliminary analysis of the Master Plan of Glória Campus based on the LEED guidelines. **Ciência & Engenharia**, v. 20, n. 2, p. 21–30, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/viewFile/14145/9799>>.

LANDSCHAFTSBAU, F. L. **Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing**. [s.l: s.n.].

LEE, G.-G.; LEE, H.-W.; LEE, J.-H. Greenhouse gas emission reduction effect in the transportation sector by urban agriculture in Seoul, Korea. **Landscape and Urban Planning**, v. 140, p. 1–7, 2015. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204615000663>>.

LEE, J. Y.; LEE, M. J.; HAN, M. A pilot study to evaluate runoff quantity from green roofs. **Journal of Environmental Management**, 2015.

LESK, C.; ROWHANI, P.; RAMANKUTTY, N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. **Nature**, v. 529, n. 7584, p. 84–87, 2016. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/nature16467>>.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. **Estatística: teoria e aplicações: usando Microsoft Excel**. 6. ed. [s.l: s.n.]

LI, W. C.; YEUNG, K. K. a. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. **International Journal of Sustainable Built Environment**, p. 1–8, 2014. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212609014000211>>.

LIMA JÚNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; COSTA, G. G. Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 392–398, 2011.

LOIOLA, C.; PIMENTEL DA SILVA, L.; MARY, W.; OHNUMA JR., A. A. Characteristics of runoff in modular green roofs under simulated rain induced. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 2015. Disponível em:

<http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-1160_caracterizacao-do-runoff-em-telhados-

verdesmodulares-sob-chuva-simulada-induzida>.

LYRA, G. B. **Estimativa da evapotranspiração e análise de crescimento para alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico em condições de casa de vegetação.** 2002. Universidade Federal de Viçosa (MG), 2002.

LYRA, G.; ZOLNIER, S. Modelos de crescimento para alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico sob condições de casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de ...**, p. 69–77, 2003. Disponível em:

<[http://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Lyra/publication/230996209_Modelos_de_crescimento_para_alface_\(Lactuca_sativa_L.\)_cultivada_em_sistema_hidropnico_sob_condies_de_casa_de_vegetao/links/09e4150c12bfd00f9b000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Lyra/publication/230996209_Modelos_de_crescimento_para_alface_(Lactuca_sativa_L.)_cultivada_em_sistema_hidropnico_sob_condies_de_casa_de_vegetao/links/09e4150c12bfd00f9b000000.pdf)>.

MAGGI, M. F.; KLAR, A. E.; JADOSKI, C. J.; ANDRADE, A. R. S. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 415–427, 2006.

MARCOLINO, T. P. **Estudo de espécie nativa da restinga para plantio em telhados de construção de interesse social.** 2012. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4474>.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por Aspersão em Hortaliças.** second edi ed. [s.l: s.n.]

MARQUES, P. A. a.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRA, L. De. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 649–651, 2003.

MARY, W.; PIMENTEL DA SILVA, L.; MORAES, M. F. De; ARRUDA, J.; WATSON, E.; FERRARI, A. C.; ROSSAFA, B.; PINTO, G. B. Telhados verdes: ferramenta potencial para geração de renda em áreas de fragilidade social. **9º Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil**, p. 1–17, 2008. Disponível em: <http://www.grhip.eng.uerj.br/Artigo_Telhados_Verdes.pdf>.

MCBRIDE, M. B.; SHAYLER, H. A.; SPLIETHOFF, H. M.; MITCHELL, R. G.;

MARQUEZ-BRAVO, L. G.; FERENZ, G. S.; RUSSELL-ANELLI, J. M.; CASEY, L.;

BACHMAN, S. Concentrations of lead, cadmium and barium in urban garden-grown vegetables: The impact of soil variables. **Environmental Pollution**, 2014.

MEDICI, L. O.; ALMEIDA, W. S. De; CARVALHO, D. F. De; GOMES, D. P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás , tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo Irrigation with Irrigás , Class A pan and an low cost controller in the organic. **Ciência Rural**, p. 1950–1955, 2014.

- MEDICI, L. O.; ROCHA; CARVALHO, D.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. Automatic controller to water plants. **Sci. Agric. (Piracicaba)**, v. 67, n. 6, p. 727–730, 2010.
- MELLO, GUILHERME BISSOLI PEREIRA DE ; COSTA, MÁRIO DAVID PINHEIRO ; ALBERTI, MAURÍCIO SANCHES ; FREITAS FILHO, R. D. G. de. Study on the establishment of a green roof on faculty of mechanical engineering. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 6, n. 2, p. 39–43, 2010. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/245/189>>.
- MENDONÇA, T. N. M. de; HENRIQUES, V. M.; MELO, A. B. de. Extensive Green Roofs (Modulares , Continuous and Aerial) Supported on Premolded Concrete Bases. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 7, n. 5, 2015.
- MENDONÇA, J. C.; DE SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275–279, 2003.
- MIRANDA, V. F.; GALVÃO, G. C. PESQUISA & EDUCAÇÃO AMBIENTAL: O TELHADO VERDE DO COLÉGIO DE APLICAÇÃO DA UFRJ. In: FeSBE 2009, **Anais...2009**. Disponível em: <www.cap.ufrj.br/nicj/Viviane_Geovana_Resumo_Fesbe_2009.doc>.
- MOGLIA, M. Urban agriculture and related water supply: Explorations and discussion. **Habitat International**, v. 42, p. 273–280, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.01.008>>.
- MONTEIRO, D.; MENDONÇA, M. Quintais na cidade: a experiência de moradores da periferia do Rio de Janeiro. **Revista Agriculturas: experiencias em ...**, v. 1, n. 0, p. 29–31, 2004. Disponível em: <<http://orgprints.org/19941/>>.
- MORUZZI, R. B.; MOURA, C. C. De; BARBASSA, A. P. The effect of slope and of antecedent soil moisture on quality and quantity of stored, percolated and retained fractions on extensive green roofs. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 3, p. 59–73, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v14n3/05.pdf>>.
- MOURA, C. R. W. **Coefficiente de Cultura Baseado no Conceito de Graus-dias e Avaliação de Métodos de Estimativa de Evapotranspiração da Alface Hidropônica sob Ambiente Protegido**. 2007. Universidade Federal de Viçosa (MG), 2007.
- MURRAY, L. Urban gardens. **Engineering and Technology Magazine - E & T Magazine**, v. August 201, p. 74–77, 2014.
- NASCIMENTO, C. M. L. **Avaliação das relações chuva-vazão em telhados verdes**

modulares sob chuva simulada induzida. 2015. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

NEWMAN, L.; POWELL, L. J.; WITTMAN, H. Landscapes of food production in agriburbia: Farmland protection and local food movements in British Columbia. **Journal of Rural Studies**, v. 39, p. 99–110, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0743016715000261>>.

NUNES, Kenya G. **COMPORTAMENTO DA ALFACE-AMERICANA SOB DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.** 2014. Universidade Federal do Ceará, 2014.

NUNES, A. L.; BISPO, N. B.; HERNANDEZ, R. H.; NAVARINI, L. Evapotranspiração E Coeficiente De Cultura Da Alface Para a Região Sudoeste Do Paraná. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 5, p. 397, 2009. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/15198>>.

NUNES, D. M. **Gestão das Águas Pluviais Urbanas e Elementos da Infraestrutura Verde: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto, Rio de Janeiro.** 2017. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

OHNUMA JÚNIOR, A. A. **Medidas não convencionais de reservaçã o d ' água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares.** 2008. Universidade de São Paulo- São Carlos, 2008. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/.../TESE_Ohnuma_Jr_FINAL_APROVADA.pdf>.

OHNUMA JÚNIOR, A. A.; MENDIONDO, E. M.; ALMEIDA NETO, P. de. Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de escoamento. **RRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. n.2-Abr/Jun, p. 41–52, 2014. Disponível em: <www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=165&SUMARIO=4756>.

OHNUMA JÚNIOR, A. A.; SILVA, L. P. da; GOMES, M. M. The effect of climatic conditions in green roofs. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 2015. Disponível em: <www.evolvedoc.com.br/.../download-2015-UEFQMDIwODY0LnBkZg=>>.

OLIVEIRA, E. Q. De; NETO, F. B.; NEGREIROS, M. Z. De. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 712–717, 2004.

OLIVEIRA, E. W. N.; SILVA, L. P. da; MARY, W. Telhados Verdes Em Habitações De Interesse Social E Retençã o Das Águas Pluviais Para Drenagem Urbana. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande (MS). **Anais...** Campo Grande (MS): 2009. Disponível em:

<www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/39bd464cbc68bfbaa129b1406c1463d3_06907a094e8905bf52d88396cc36d604.pdf>.

ORSINI, F.; DUBBELING, M.; GIANQUINTO, G. Multifunctional rooftop horticulture : a promising strategy for intensifying horticulture production in cities. **Chronica horticultrae**, v. 55, n. 4, p. 12–17, 2015.

ORSINI, F.; GASPERI, D.; MARCHETTI, L.; PIOVENE, C.; DRAGHETTI, S.; RAMAZZOTTI, S.; BAZZOCCHI, G.; GIANQUINTO, G. Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. **Food Security**, p. 781–792, 2014a.

ORSINI, F.; GASPERI, D.; MARCHETTI, L.; PIOVENE, C.; DRAGHETTI, S.; RAMAZZOTTI, S.; BAZZOCCHI, G.; GIANQUINTO, G. Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. **Food Security**, 2014b.

ORSINI, F.; KAHANE, R.; NONO-WOMDIM, R.; GIANQUINTO, G. Urban agriculture in the developing world: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 4, p. 695–720, 2013.

PAGE, G.; RIDOUTT, B.; BELLOTTI, B. Fresh tomato production for the Sydney market: An evaluation of options to reduce freshwater scarcity from agricultural water use. **Agricultural Water Management**, v. 100, n. 1, p. 18–24, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.017>>.

PANAGIOTOU, G. Bringing SWOT into Focus. **Business Strategy Review**, v. 14, n. 2, p. 8–10, 2003. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=10051284&site=ehost-live>>.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29–35, 2010.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110–117, 2012.

PEREIRA, M. F. B. **Embodied energy and CO2 emissions in green roofs, ceramic tiles, and fiber cement: case study**. 2014. Universidade Federal de Santa Maria, 2014. Disponível

em: <w3.ufsm.br/ppgec/.../Dissertacao_Marcos_Fabricio_Benedetti_Pereira.pdf>.

PEREIRA, P. G.; VIAIS NETO, D.; CREMASCO, C.; GABRIEL FILHO, L. R. Financial and environmental installation green roof in built environment design from house PET.

Cidades Verdes, v. 3, n. 4, p. 70–84, 2015. Disponível em:

<dx.doi.org/10.17271/23178604342015947>.

PERES, J. G.; BOSCHI, R. S.; SOUZA, C. F.; MENDONÇA, T. G. Produtividade da água para seleção de cultivares de alface. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 59–65, 2016.

PHIPPS, E. J.; STITES, S. D.; WALLACE, S. L.; BRAITMAN, L. E. Fresh Fruit and Vegetable Purchases in an Urban Supermarket by Low-income Households. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, v. 45, n. 2, p. 165–170, 2013. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jneb.2012.04.018>.

PORSCHÉ, U.; KOHLER, M. Life cycle costs of green roofs - A Comparison of Germany, USA, and Brazil -. In: Rio 3 - World Climate & Energy Event, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2003. Disponível em: <www.rio12.com/rio3/.../RIO3_461_U_Porsche.pdf>.

POULSEN, M. N.; MCNAB, P. R.; CLAYTON, M. L.; NEFF, R. A. A systematic review of urban agriculture and food security impacts in low-income countries. **Food Policy**, v. 55, p. 131–146, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.002>.

PRELA-PANTANO, A.; NOVO, M. do carmo; TRANI, P. E. Desempenho de cultivares de alface na região de Americana, SP. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 92–104, 2015.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, v. 2222, n. 22, p. 178–181, 2004.

RAYNER, J. P.; FARRELL, C.; RAYNOR, K. J.; MURPHY, S. M.; WILLIAMS, N. S. G. Plant establishment on a green roof under extreme hot and dry conditions: The importance of leaf succulence in plant selection. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 15, p. 6–14, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866715001569>.

REGO, L. F. G. Urban vegetable production for sustainability: The Riortas Project in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Habitat International**, v. 44, p. 510–516, 2014. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0197397514001489>.

REIS, G. M.; JÚNIOR, J. I. R. Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais. In: III Semana Acadêmica de Engenharia de Produção, 2002, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: 2007.

RESENDE, G. M. De; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. De; FREITAS, S. a. C. De;

- RODRIGUES JUNIOR, J. C. Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 558–563, 2003.
- ROSSETI, K. de A. C.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J.; NOGUEIRA, M. C. Systemic approaches the effects os implementation of green roofs. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities reserch medium / UFU**, v. 4, n. 1, p. 55–77, 2013. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/.../21023/12780>.
- ROTHWELL, A.; RIDOUTT, B.; PAGE, G.; BELLOTTI, W. Environmental performance of local food: trade-offs and implications for climate resilience in a developed city. **Journal of Cleaner Production**, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615004710>>.
- RYDIN, Y.; BLEAHU, A.; DAVIES, M.; DÁVILA, J. D.; FRIEL, S.; DE GRANDIS, G.; GROCE, N.; HALLAL, P. C.; HAMILTON, I.; HOWDEN-CHAPMAN, P.; LAI, K. M.; LIM, C. J.; MARTINS, J.; OSRIN, D.; RIDLEY, I.; SCOTT, I.; TAYLOR, M.; WILKINSON, P.; WILSON, J. Shaping cities for health: Complexity and the planning of urban environments in the 21st century. **The Lancet**, v. 379, n. 9831, p. 2079–2108, 2012. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60435-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60435-8)>.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Da. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187–194, 2012.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 62, p. 17–29, 2007.
- SANTOS, A.; SOARES, T.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Hydroponic lettuce production with brackish groundwater and desalination waste in Ibimirim , PE , Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961–969, 2010a.
- SANTOS, C. M. G.; BRAGA, C. L.; VIEIRA, M. R. S.; CERQUEIRA, R. C. Qualidade da alface comercializada no município de Botucatu - SP. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 67–74, 2010b.
- SANYÉ-MENGUAL, E. **Stakeholders' acceptance, governance and power relations in innovative forms of urban agriculture**. [s.l: s.n.].
- SANYÉ-MENGUAL, E.; ANGUELOVSKI, I.; OLIVER-SOL??, J.; MONTERO, J. I.; RIERADEVALL, J. Resolving differing stakeholder perceptions of urban rooftop farming in Mediterranean cities: promoting food production as a driver for innovative forms of urban

- agriculture. **Agriculture and Human Values**, v. 33, p. 101–120, 2016.
- SANYÉ-MENGUAL, E.; ORSINI, F.; OLIVER-SOLÀ, J.; RIERADEVALL, J.; MONTERO, J. I.; GIANQUINTO, G. Techniques and crops for efficient rooftop gardens in Bologna, Italy. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 1477–1488, 2015.
- SARKAR, P.; SHARMA, B.; MALIK, U. Energy generation from grey water in high raised buildings: The case of India. **Renewable Energy**, v. 69, p. 284–289, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.03.046>>.
- SATO, G. S.; MARTINS, V. A.; BUENO, C. R. F. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO PERFIL DO CONSUMIDOR DE PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS NA CIDADE DE SÃO PAULO. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 6, p. 62–71, 2007.
- SCHMIDT, M. Energy and water , a decentralized approach to an integrated sustainable urban development. p. 1–6, 2000.
- SCHMIDT, M.; REICHMANN, B.; STEFFAN, C. Rainwater harvesting and evaporation for stormwater management and energy conservation. In: II International Congress on Environmental Planning and Management, October, Berlin- Germany. **Anais...** Berlin-Germany: 2007.
- SCUDINO, P. A. **A utilização de alguns testes estatísticos apra análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro**. 2008. UFRRJ, 2008.
- SILVA, E. L. da; MARTINEZ, L. F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 134–142, 1999.
- SILVA, V. D.; QUEIROZ, S. O. P. Manejo De Água Para Produção De Alface Em Ambiente Protegido. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 184, 2013. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/523>>.
- SINGH, S. P.; TEGEGNE, F.; EKENEM, E. The Food Processing Industry in India: Challenges and Opportunities. **Journal of Food Distribution Research**, v. 18, n. 1, p. 80–88, 2012.
- SOUZA, C. F.; AURÉLIO, M.; CRUZ, S.; EDUARDO, C.; TUCCI, M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto : Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 9–18, 2012. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=62...814>>.
- SPECHT, K.; SIEBERT, R.; HARTMANN, I.; FREISINGER, U. B.; SAWICKA, M.; WERNER, A.; THOMAIER, S.; HENCKEL, D.; WALK, H.; DIERICH, A. Urban

- agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. **Agriculture and Human Values**, v. 31, n. 1, p. 33–51, 2014.
- SPECHT, K.; SIEBERT, R.; THOMAIER, S.; FREISINGER, U. B.; SAWICKA, M.; DIERICH, A.; HENCKEL, D.; BUSSE, M. Zero-Acreage farming in the city of Berlin: An aggregated stakeholder perspective on potential benefits and challenges. **Sustainability (Switzerland)**, v. 7, n. 4, p. 4511–4523, 2015.
- STAHLHÖFER, I. S.; CUSTÓDIO, A. V. Green roofs as expression of local power in formulating a public policies front to mitigate environmental urban damage. **Revista da Faculdade de Direito-UFPR**, v. 59, n. 1, p. 127–143, 2014. Disponível em: <ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/direito/article/view/36370>.
- STAHLHÖFER, I. S.; PEREIRA, M. F. B. POLÍTICAS PÚBLICAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES: O PROJETO DE LEI Nº 115/2009 DA CÂMARA DE VEREADORES DE SÃO PAULO. **Revista Eletrônica do Curso de Direito-UFMS**, v. 8, n. edição especial, p. 386–398, 2013. Disponível em: <[cascavel.ufsm.br ? Capa ? v. 8 \(2013\) ? Stahlh?fer](http://cascavel.ufsm.br/Capa?v.8(2013)?Stahlh?fer)>.
- STOVIN, V. The potential of green roofs to manage urban stormwater. **Water and Environment Journal**, 2010.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L.; CABRAL, C.; RODRIGUES, C. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa** **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 89 EMBRAPA**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/4779/1/Bp-023.pdf>>.
- TASSI, R.; TASSINARI, L. C.; PICCILLI, D.; PERSCH, C. G. Green roof: a sustainable alternative for stormwater management. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 139–154, 2014. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678...>.
- TAYLOR, R. W.; CARANDANG, J. S.; ALEXANDER, C.; CALLEJA, J. S. Making Global Cities Sustainable: Urban Rooftop Hydroponics for Diversified Agriculture in Emerging Economies. **OIDA International Journal of Sustainable Development**, v. 05, n. 07, p. 17–28, 2012.
- THOMAIER, S.; SPECHT, K.; HENCKEL, D.; DIERICH, A.; SIEBERT, R.; FREISINGER, U. B.; SAWICKA, M.; REES, W.; WACKERNAGEL, M.; WEBER, C. L.; MATTHEWS, H. S.; STEEL, C.; POTHUKUCHI, K.; KAUFMAN, J. L.; WONG, N. H.; TAY, S. F.; WONG, R.; ONG, C. L.; SIA, A.; BUCK, D.; GETZ, C.; GUTHMAN, J.; ASTEE, L. Y.; KISHNANI, N. T.; CASTLETON, H. F.; STOVIN, V.; BECK, S. B. M.; DAVISON, J. B.; SÄUMEL, I.; KOTSYUK, I.; HÖLSCHER, M.; LENKEREIT, C.; WEBER, F.; KOWARIK, I.;

ALLOWAY, B. J.; BRYLD, E.; BORN, B.; PURCELL, M.; GUTHMAN, J.; RETZLAFF, R. C.; BERKE, P. R. Farming in and on urban buildings: Present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 30, n. 01, p. 43–54, 2015. Disponível em:

<http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742170514000143>.

TOMASI, N.; PINTON, R.; DALLA COSTA, L.; CORTELLA, G.; TERZANO, R.; MIMMO, T.; SCAMPICCHIO, M.; CESCO, S. New “solutions” for floating cultivation system of ready-to-eat salad: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 46, n. Part B, p. 267–276, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.004>>.

TONG, Z.; WHITLOW, T. H.; LANDERS, A.; FLANNER, B. A case study of air quality above an urban roof top vegetable farm. 2015.

TRANI, P. E.; NOVO, M. do carmo; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; TELLES, L. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 290–294, 2004.

TSANG, S. W.; JIM, C. Y. A stochastic model to optimize forecast and fulfillment of green roof demand. **Urban Forestry and Urban Greening**, 2013.

TSILINI, V.; PAPANTONIOU, S.; KOLOKOTSA, D. D.; MARIA, E. A. Urban gardens as a solution to energy poverty and urban heat island. **Sustainable Cities and Society**, 2015.

VIDAL, D. M. Agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, São Paulo, 2009, pp. 1-23, São Paulo (SP). **Anais...** São Paulo (SP): 2009.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 740–752, 2016.

VIJAYARAGHAVAN, K.; RAJA, F. D. Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption. **Water research**, v. 63C, p. 94–101, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24981747>>.

WHITTINGHILL, L. J.; ROWE, D. B. The role of green roof technology in urban agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 27, n. 4, p. 314–322, 2011.

WHITTINGHILL, L. J.; ROWE, D. B. The role of green roof technology in urban agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 27, n. 04, p. 314–322, 2012.

WILLES, J. A.; REICHARDT, K. Technologies extensive green roofs: regional trade substrates most appropriate to the system. **Revista Internacional de Ciências (RIC-UERJ)**, v. 4, n. 2, p. 2–12, 2014. Disponível em: <www.e-publicacoes.uerj.br ? Capa ? v. 4, n. 2

(2014) ? Willes>.

WILLIAMS, N. S. G.; RAYNER, J. P.; RAYNOR, K. J. Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. **Urban Forestry and Urban Greening**, 2010.

ZAAR, M. H. A Agricultura Urbana e Periurbana (aup) no Marco da Soberania Alimentar. **Sociedade e Território**, v. 27, p. 26–44, 2015.

ZANELLA, F.; LIMA, A.; SILDA JÚNIOR, F.; MACIEL, S. Crescimento de Alface Hidropônica Sob Diferentes Intervalos de Irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 366–370, 2008.

ZHANG, Q.; MIAO, L.; WANG, X.; LIU, D.; ZHU, L.; ZHOU, B.; SUN, J.; LIU, J. The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution. **Landscape and Urban Planning**, 2015.

ZOLNIER, S.; LYRA, G. B.; GATES, R. S. Evapotranspiration Estimates for Greenhouse Lettuce Using an Intermittent Nutrient Film Technique. **Transactions of the ASAE**, v. 47, n. 1, p. 271–282, 2004. Disponível em:

<<http://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=15868&CID=t2004&v=47&i=1&T=1>>.

APÊNDICE A – Tabelas de campo do experimento

Esta seção do relatório de dissertação tem por finalidade a apresentação dos resultados de campo aferidos nos 3 ciclos desenvolvidos em 2016 a partir de mudas da alface crespa “Amanda” (com 4 semanas aproximadamente) entre 15 de Julho a 16 de Agosto (Ciclo I), 20 de Agosto a 19 de Setembro (Ciclo II) e 28 de Outubro a 2 de Dezembro (Ciclo III), num total de 32, 30 e 35 dias respectivamente, sobre a cobertura do Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha – Campus da UERJ Maracanã na cidade do Rio de Janeiro.

O conjunto de 18 Tabelas, numeradas de 14 a 31, traz os resultados individuais, subtotais e gerais dos 2 parâmetros agrônômicos aferidos no dia da colheita: massa fresca (em gramas) e diâmetro do caule em (centímetros). A partir da massa fresca comercial de cada uma das 9 plantas que constituíam uma repetição do bloco (cada bloco com 6 repetições, sendo 3 do grupo “furos” e 3 do grupo “rasgos”) se chegava ao primeiro subtotal. Em seguida, com a soma dos subtotais dos 3 blocos de repetição dentro de cada Tratamento, se chegava ao subtotal “furos” e ao subtotal “rasgos”. A soma desses dois subtotais foi chamada de “massa fresca comercial total (MFC), e representa uma parte de toda a massa fresca produzida no Tratamento, durante um ciclo.

Para determinarmos a “massa fresca total produzida” (MFT) adicionamos à MFC o valor total do descarte (folhas amareladas e danificadas da “saia” da planta, retirados no momento da colheita, antes da pesagem das plantas). Nesse caso assumimos que cada planta contribuiu de maneira uniforme para a formação do descarte total em todos os tratamentos.

No caso dos diâmetros, tomados no momento da colheita, foi apresentado o valor de todas as plantas que compunham um tratamento e a média geral do tratamento.

Importante ressaltar que as plantas dos tratamentos A e B foram desenvolvidas sobre uma mesa que simulava um telhado com 9 % de declividade (obedecendo normas do fabricante), portanto as plantas da posição 1 estavam numa cota 9 cm mais elevada que as plantas da posição 9. No tratamento vasos, desenvolvidos sobre uma laje com mínima declividade, a drenagem dos vasos tinha o mesmo sentido, da posição 1 para a 9.

APÊNDICE A 31 – Diâmetro do caule (cm) das plantas colhidas no Ciclo III no tratamento “B” (CA DN 75mm) (término)

Ciclo III	Repetição I						Repetição II						Repetição III						
Plantas	furo	furo	rasgo	furo	rasgo	rasgo	furo	rasgo	rasgo	furo	rasgo	furo	rasgo	furo	rasgo	furo	rasgo	furo	
1	1,05	1,35	1,35	1,25	1,45	1,10	1,15	1,25	1,45	1,55	1,00	1,50	1,45	1,40	1,50	1,30	1,05	1,50	
2	1,50	1,40	1,40	1,40	1,35	1,25	1,05	1,40	1,50	1,25	1,00	1,15	1,30	1,60	1,10	1,35	1,40	1,40	
3	1,05	1,45	1,05	1,60	1,30	1,10	1,55	1,30	1,35	1,45	1,35	1,30	1,50	1,20	1,30	1,20	1,25	1,25	
4	1,00	1,65	1,30	1,35	1,25	1,00	1,40	1,20	1,50	1,05	0,90	1,35	1,50	1,20	1,50	1,50	1,40	1,20	
5	1,40	1,40	1,00	1,30	1,35	1,60	1,50	1,60	1,30	1,40	1,60	1,40	1,50	1,35	1,45	1,55	1,05	1,30	
6	1,40	1,20	1,65	1,50	1,45	1,25	1,55	1,60	1,25	1,35	1,40	1,40	1,10	1,30	1,35	1,20	1,30	1,30	
7	1,40	1,50	1,30	1,45	1,20	1,50	1,15	1,40	1,45	1,15	1,25	1,30	1,30	1,50	1,50	1,45	1,45	1,45	
8	1,40	1,55	1,50	1,60	1,40	1,10	1,50	1,20	1,55	1,65	1,40	1,50	1,35	1,55	1,40	1,10	1,25	1,50	
9	1,55	1,45	1,20	1,85	1,45	1,75	1,60	1,60	1,60	1,45	1,60	1,60	2,00	1,40	1,60	1,50	1,35	1,50	
\bar{x} GERAL																			1,37

Fonte: O autor, 2016.

APÊNDICE B – Teste F de ANOVA para diferenças entre réplicas do mesmo bloco

Esta seção tem por finalidade apresentar testes estatísticos complementares. O objetivo desse teste foi verificar se havia ou não diferença entre as réplicas do mesmo bloco.

1. Teste F de ANOVA para diferenças entre réplicas do mesmo bloco.

Assumindo-se a hipótese nula como não havendo diferença entre as réplicas e a Hipótese alternativa como havendo pelo menos uma réplica diferente, os dados da análise se encontram na APÊNDICE A 32.

Hipótese nula - H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Hipótese Alternativa - H_1 : Pelo menos umas das médias diferente dos demais

APÊNDICE B – ANOVA para diferenças entre réplicas do mesmo bloco do Tratamento A

CICLO		Tratamento A1		
I	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	0,75	0,16	1,33	
II	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	0,78	0,29	1,83	
III	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	1,03	1,13	0,098	
		Tratamento A2		
I	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	2,38	0,082	0,11	
II	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	0,21	1,00	1,38	
III	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
	2,08	1,45	0,22	

F **TAB 3,40**
(0,05;2;24)*

*FTAB (α , GL numerador; GL denominador).
Fonte: O autor, 2016.

APÊNDICE B – ANOVA para diferenças entre réplicas do mesmo bloco do Tratamento B

CICLO		Tratamento B1		
I	BLOCO 1	1,99	BLOCO 2	BLOCO 3
			6,76	1,72
II	BLOCO 1	0,87	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,96	1,08
III	BLOCO 1	0,22	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,42	0,18
		Tratamento B2		
I	BLOCO 1	0,84	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,50	1,21
II	BLOCO 1	0,28	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,98	0,16
III	BLOCO 1	0,22	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,62	0,14

F **TAB 3,40**
(0,05;2;24)*

*FTAB (α , GL numerador; GL denominador).
 Fonte: O autor, 2016.

APÊNDICE B – ANOVA para diferenças entre réplicas do mesmo bloco do Tratamento Vasos

CICLO		Tratamento VASOS		
I	BLOCO 1	10,47	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,42	1,16
II	BLOCO 1	1,29	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,44	1,58
III	BLOCO 1	1,03	BLOCO 2	BLOCO 3
			0,34	0,44

F **TAB 2,56**
(0,05;5;48)*

*FTAB (α , GL numerador; GL denominador).
 Fonte: O autor, 2016.

2. Teste de Tukey-Kramer para diferença entre as médias Tratamento B e Vasos

Ao se comparar os valores de F calculado com tabelado para um nível de confiança de 95% não foram encontradas diferenças entre as réplicas dentro de cada bloco para o cano de 50. Já para o cano de 75, ao se comparar os valores de F calculado com tabelado para um nível de confiança de 95% não foram encontradas diferenças entre as réplicas dentro de cada bloco, com exceção das réplicas do bloco 2. Para esse bloco foi realizado o teste de Tukey para verificar quais réplicas divergiam entre si, onde X_1 corresponde a réplica 1, X_2 a réplica 2 e X_3 a réplica 3.

APÊNDICE B – Teste de Tukey-Kramer para diferença entre as médias
Tratamento B, Bloco 2, Ciclo I

	L.I*	L.S**
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 18,67$	4,03	33,3
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 18,67$	4,03	33,3
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 0,00$	- 14,64	14,64

$Q_\alpha = 3,53$ (3 gl no numerador e 24 gl no denominador)

* LI = Limite inferior do intervalo crítico; ** LS = Limite superior do intervalo crítico

Fonte: O autor, 2016.

Como o intervalo crítico do teste de Tukey (L.I – L.S) não passa pelo zero nas diferenças entre as réplicas 1 e 2 e 1 e 3 pode-se afirmar que há diferença entre elas. Já entre as réplicas 2 e 3, como esse intervalo passa pelo zero, não se pode afirmar que as médias são diferentes entre si.

APÊNDICE B – Teste de Tukey-Kramer para diferença entre as médias
Tratamento Vasos, Bloco 1, Ciclo I

	L.I*	L.S**
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 16,22$	- 18,94	51,38
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 34,67$	- 0,49	69,83
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_4 = 65,78$	30,62	100,94
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_5 = 68,44$	33,28	103,60
$ \bar{X}_1 - \bar{X}_6 = 44,89$	9,73	80,05
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 18,44$	- 16,72	53,60
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_4 = 49,56$	14,40	84,72
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_5 = 52,22$	17,06	87,38
$ \bar{X}_2 - \bar{X}_6 = 28,67$	- 6,49	63,83
$ \bar{X}_3 - \bar{X}_5 = 33,78$	- 1,38	68,94
$ \bar{X}_3 - \bar{X}_4 = 31,11$	- 4,05	66,27
$ \bar{X}_3 - \bar{X}_6 = 10,22$	- 24,94	45,38
$ \bar{X}_4 - \bar{X}_5 = 2,67$	- 32,49	37,83
$ \bar{X}_4 - \bar{X}_6 = 20,89$	- 14,27	56,05
$ \bar{X}_5 - \bar{X}_6 = 23,56$	- 11,60	58,72

$Q_\alpha = 4,20$ (6 gl no numerador e 48 gl no denominador)

* LI = Limite inferior do intervalo crítico; **LS = Limite superior do intervalo crítico.
Fonte : O autor, 2016.

Ao se comparar os valores de F calculado com tabelado para um nível de confiança de 95% não foram encontradas diferenças entre as réplicas dentro de cada bloco, com exceção das réplicas do bloco 1. Para esse bloco foi realizado o teste de Tukey para verificar quais réplicas divergiam entre si (para um nível de confiança de 95%), onde X_1 a X_6 correspondem às réplicas 1 a 6 respectivamente.

Como o intervalo crítico do teste de Tukey (L.I – L.S) não passa pelo zero nas diferenças entre as réplicas 1 e 4, 1 e 5, 1 e 6, 2 e 4, 2 e 5 essas réplicas diferem entre si. O mesmo não se pode afirmar dos pares: $X_1 - X_2$, $X_1 - X_3$, $X_2 - X_3$, $X_3 - X_5$, $X_3 - X_4$, $X_3 - X_6$, $X_4 - X_5$, $X_4 - X_6$ e $X_5 - X_6$.

ANEXO A: Compilação dos trabalhos correlatos

O objetivo dessa seção é apresentar os dados dos trabalhos com alfaces irrigadas aos quais os dados desse trabalho foram comparados. Junto aos principais grupos de dados levantados há uma pequena resenha sobre os principais desafios e gargalos enfrentados pelos pesquisadores.

São identificados os Autores, o ano e locais onde foram realizados, assim como a época do ano que se desenvolveram. As estações do ano desempenham papel fundamental no ciclo da alface, que se desenvolve melhor nas estações com temperaturas amenas. O Verão no Brasil chega a ser um gargalo na produção, devido às altas temperaturas e períodos de chuvas intensas. Nota-se que a maior parte dos trabalhos relacionados foi desenvolvida no Outono, Inverno e Primavera.

A latitude do país também influencia no desempenho agrônômico das plantas, devido o excesso de calor e chuvas nas regiões equatoriais. Não é trivial a produção de alfaces na Região Amazônica, por exemplo.

Foram levantados trabalhos sobre diversas variedades de alface. As mais cultivadas no país são as do grupo Crespa, Lisa e Americana. Os sistemas de produção se dividem basicamente em canteiros em campo aberto, canteiros em estufas e hidroponia (cultivo na ausência de substrato, sobre mesas) . As mudas são formadas em bandejas, onde o tempo médio gasto entre a semeadura e o transplante (DAS -“ dias após a semeadura”) para o local definitivo é de 28 dias (4 semanas). A qualidade das mudas tem relação direta com o resultado final das plantas comerciais. Mudanças com torrões maiores (25 cm³ e 12cm³, originados de bandejas de isopor com 128 e 200 células respectivamente) têm o potencial de produzir plantas maiores em relação às mudas com 8 cm³, originadas nas bandejas de 288 células.

Quanto ao espaçamento adotado, os mais praticados são aqueles onde as mudas são distribuídas nos canteiros numa distância de 0,25 m entre plantas e 0,25m entre linhas (0,25 X 0,25m) resultando numa população de 16 plantas por metro quadrado, cada qual ocupando uma área de aproximadamente 0,06 m². Na hidroponia costuma-se aumentar a população de plantas no metro quadrado, em torno de 20 (0,25 x 0,20m) ou 25 (0,20 x0,20 m) plantas. No experimento sobre o telhado optou-se por um super-adensamento das plantas, na razão de 50.m⁻².

Os sistemas de irrigação empregados costumam ser do tipo aspersão ou gotejamento, salvo quando os experimentos são específicos para testar novas modalidades de irrigação, como a inundação, por exemplo. Para se calcular as lâminas de irrigação os autores recorrem às várias práticas como tanques evaporímetros (Classe A, por exemplo) , lisímetros ou fórmulas de cálculo de evapotranspiração. Nos trabalhos de pesquisa também é grande o emprego de tensiômetros, cuja capsula porosa interage com os níveis de umidade dos solos, alertando os pesquisadores a hora

correta de aplicação das lâminas de irrigação. O acionador automático tentado nessa trabalho é um mini-tensiômetro.

O período entre o transplante das mudas no local definitivo e a colheita é chamado de DAT (dias após transplantio) e foi o parâmetro de maior variabilidade nos trabalhos pesquisados. Esse período é uma equação entre ganho diários de massa pelas plantas e custos de produção. No inverno o ciclo da planta tende a se estender comparado com cultivos de Verão. Por isso uma das razões de se cultivá-las em ambientes protegidos durante o inverno. Com o aumento da temperatura interna, o ciclo tende a ser mais precoce. Há também a proteção contra temperaturas extremas, comuns nessas épocas. No Verão o emprego de coberturas plásticas se faz necessário para proteção contra chuvas de grande intensidade.

Finalmente, procurou-se extrair, quando possível, dados da produtividade média dos experimentos (massa fresca total (MFT) ou comercial (MFC) por unidade de área, Kg.m^{-2}), “tamanho” (peso) médio das plantas produzidas, dado em gramas por planta (g.pl^{-1}) e a Eficiência do uso da água (EUA) , dado pela razão entre total de massa fresca produzida (MFC) pela quantidade total de água empregada , expressa em gramas de MFC por litro de água (g.L^{-1}) .

Quadro 4 – Compilação dos Métodos e Resultados dos experimentos referentes à alface irrigada (continua)

Autores	Local	Alface	Sistema	Est	Cel.	DAS	Pl.m ⁻²	SI	Cálculo Lâm	DAT	g.plant ⁻¹	Kg.m ⁻²	g.L ⁻¹
Marques <i>et al</i> (2003)	Presidente Prudente (SP)	Verônica (crespa)	Campo (Solo)	O	128 200 288	26	6	ND	ND	30	124,4 146,4 80,5	ND	ND
Sandri <i>et al</i> (2007)	Campinas (SP)	Elisa (lisa)	Campo (Solo)	I P	ND	ND	16	A G	Penman-Monteith Kc=06 e 1,0	45 47	164,6 219,1	3,2 4,0	29,7 31,1
Prela-Pantano <i>et al.</i> (2015)	Americana (SP)	Verdinha(L) Bariri (L) Bruna (C)	Campo (Solo)	I	128	37	25	A	Balanços Hídricos semanais	49	270,9 257,2 222,6	ND	ND
Nunes (2014)	Guaraciaba (CE)	Lucy Brown (Americana)	Orgânico (Solo)	ND	200	7 fol.	6	G	50% ECA 150% ECA	49	ND	0,4 0,4	3,5 1,1
Suinaga <i>et al.</i> , (2013)	Gama (DF)	Vanda (C) Verônica (C) Amanda (C) Vera (C) Lavínia (C)	Campo (Solo)	I P	128	30	11	ND	ND	40	776,7 682,5 573,9 505,0 316,6	ND	ND
Radin <i>et al</i> (2004)	Eldorado Do Sul (RS)	Regina (L) Verônica (C) Marisa (C) Regina(L) Verônica (C) Marisa(C)	Campo (Solo) Protegido (Solo)	O I	128	28	11	G	Tensiômetro	48 35	ND	0,85 0,85 0,56 2,0 2,35 2,253	ND

Autores	Local	Alface	Sistema	Est.	Cel.	DAS	Pl.m ⁻²	SI	Cálcu.Lâm.	DAT	g.pl ⁻¹	Kg.m ⁻²	g.L ⁻¹
Bandeira <i>et al</i> (2011)	Juazeiro (BA)	AF-1743(L) OGR-326(A)	Protegi do (vasos)	P	200	38	4,5L	G		30	97,0 107,4	ND	ND
									Tens.(30 kPa) Min Tanque (Kp=1)		145,0 59,4		
Silva e Queiroz (2013)	Juazeiro (BA)	Mônica (C)	Protegi do 50% Sombrit e (vasos)	V I	200	30	7 L	G	Tens. 15kPa 100% ECA 120% ECA 140% ECA Evap Piché	45	48,1	1,2	9,8
											43,8	1,1	9,0
											61,6	1,5	10,6
											87,4	2,2	14,1
											69,7	1,7	11,3
Lima Júnior <i>et al</i> (2011)	Lavras (MG)	Raider-Plus (A)	Protegi do (Solo)	O	ND	ND	11	G	101% ETo Minitanque	ND	ND	6,5 (Total) 3,5 (Com)	32,1 17,3
Peres <i>et al</i> (2016)	Araras (SP)	Elisa (L) Verônica (C) Florence M	Protegi do (Solo)	ND	ND	22	16	G	Lisímetros	47	ND	ND	67,3
													61,2
													58,8

Quadro 4 – Compilação dos Métodos e Resultados dos experimentos referentes à alface irrigada (continuação)

Autores	Local	Alface	Sistema	Est	Cel.	DAS	Pl.m ⁻²	SI	Cálcu Lâm.	DAT	g.pl ⁻¹	Kg.m ⁻²	g.L ⁻¹
Cuppini <i>et al</i> (2010)	Erechim (RS)	Pira Roxa (crespa)	Protegi do (Solo)	V O	ND	30	11	G	50% ECA	45	248,4	2,8	61,8
									75% ECA		254,2	2,8	49,7
									100% ECA		210,2	2,3	33,7
									125 % ECA		250,8	2,8	28,6
Araújo <i>et al</i> (2010)	Boa Vista (RR)	Verônica (crespa)	Protegi do (Solo)	ND	200	4 fol.	16	G	20% ECA	32	59,1	0,95	10,9
									40% ECA		68,5	1,1	10,2
									60% ECA		77,9	1,2	9,6
									80% ECA		87,2	1,4	8,9
									100% ECA		96,5	1,5	8,3
120% ECA	105,9	1,7	7,7										
Maggi <i>et al</i> (2006)	Botucatu (SP)	"crespa"	Protegi do (solo)	O I	ND	30	11	G	-20 kPa	58	257,3	2,8	26,0
									-28 kPa		294,3	3,3	27,2
									-35 kPa		341,3	3,8	38,7
									-45 kPa		300,7	3,3	34,8
Gonçalves <i>et al</i> (2005)	Araras (SP)	Simpson (Crespa)	S/ Cob.	O	3-4 Fol.	21	16	G	Lisímetros	40	550,4	8,7	52,3
			C/ Cob								664,0	10,5	84,6
Zanella <i>et al</i> (2008)	Ji-Paraná (RO)	Regina 2000 (Lisa)	Hidrop onia (NFT)	ND	ND	22	ND		15 x 5 mim	23	200,0	ND	ND
									15x 10 min		158,0		
									15x 30 min		73,3		
									15x 5 min		192,3		
									15x 10 min		124,4		
									15x 30 min		67,3		

Quadro 4 – Compilação dos Métodos e Resultados dos experimentos referentes à alface irrigada (continuação)

Autores	Local	Alface	Sistema	Est	Cel.	DAS	Pl.m ⁻²	SI	Cálcu Lâm.	DAT	g.pl ⁻¹	Kg.m ⁻²	g.L ⁻¹
Medici <i>et al</i> (2014)	Seropédica (RJ)	Regina (Lisa)	Campo (solo)	ND	ND	29	16	G	ECA Irrigás Acion.Aut.	37	205 180 221,5	3,2 2,8 3,5	26,3 22,3 29,1
Feltrim <i>et al</i> (2009)	Jaboticabal (SP)	Verônica (Crespa)	Prot. Solo X Prot. NFT	I X V	288	28	ND	G	(4mm.dia ⁻¹) X (15x 15 min)	35	313,6	ND	ND
											280,5		
											347,0		
											247,1		
Leite <i>et al</i> (2011)	S. Talhada (PE)	Olinda (Crespa)	Protegi do (vasos)	SA	Semeadura Direta		0,15L (vaso)	C X A	2 x dia capilaridade	28	100% x 118%	ND	100 % x 177 %
Santos <i>et al</i> (2010)	Ibimirim (PE)	Vera (C) x F-1743 (L)	Hidrop onia (NFT)	SA	ND	24	ND		15x 15 min	23	244,8 308,2	ND	ND
Lyra <i>et al</i> (2002)	Viçosa (MG)	G.Lakes (C) Regina (L) G.Rapids (C)	Hidrop onia (NFT)	O	ND	ND	16		10 x 20 min	37	219,0 219,3 204,8	3,5 3,5 3,3	ND

Quadro 4 – Compilação dos Métodos e Resultados dos experimentos referentes à alface irrigada (conclusão)

Autores	Local	Alface	Sistema	Est	Cel.	DAS	Pl.m ⁻²	SI	Cálcu Lâm.	DAT	g.pl ⁻¹	Kg.m ⁻²	g.L ⁻¹
Gualberto <i>et al</i> (2009)	Marília (SP)	Vera (C)	Hidroponia (NFT)	O I P	288	25	20		ND	ND	202,0	4,0	ND
		S. Green (C)									178,4	3,5	
Orsini <i>et al</i> (2014) E Sanyé-Mengual <i>et al</i> (2015)	Bologna (Itália)	Alfaces Em Telhados Verdes	Hidroponia (NFT)	P V O I	ND	ND	ND	ND	ND	25	ND	1,3	11,1
										21		2,5	25,0
			44							1,5		2,5	
Taylor <i>et al</i> (2012)	Manila (Filipinas)	Green wave	Estufa sobre telhado	ND	ND	ND	ND		60 x 360 min	15	25	ND	17,8
		Fanfare	NFT								50		35,7

Legenda: EST=Estações do ano; SA= Semi árido; Cel=número de células das bandejas de muda; DAS= dias após semeadura; DAT= dias após transplante; SI= sistema de irrigação; A= aspersão; G=gotejamento; C=convencional; A= alternativo; LÂM= lâmina aplicada (mm); fol= folha; Cob= cobertura; NFT=sistema de hidroponia; Pl= planta; Prot= sistema protegido (estufas); ND= não disponível.

Fonte: O autor, 2016