

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CULTIVO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ORA-PRO-NÓBIS
(*Pereskia aculeata* Mill.) SOB DÉFICIT HÍDRICO
INTERMITENTE NO SOLO**

Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz
Química

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Agosto - 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CULTIVO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ORA-PRO-NÓBIS
(*Pereskia aculeata* Mill.) SOB DÉFICIT HÍDRICO
INTERMITENTE NO SOLO**

Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Antônio Lemos de Moraes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Agosto - 2012

Q4c Queiroz, Carla Regina Amorim dos Anjos
Cultivo e composição química de Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) sob déficit hídrico intermitente no solo. / Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz. – – Jaboticabal, 2012
xx, 144 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: Luiz Carlos Pavani
Coorientador: Sérgio Antônio Lemos de Moraes
Banca examinadora: Manoel Evaristo Ferreira, Arthur Bernardes Cecílio Filho, Deborah Santesso Bonnas, Othon Carlos da Cruz

Bibliografia

1. Potencial matricial do solo. 2. Hortaliça não convencional. 3. Composição centesimal e de minerais. 4. Irrigação. 5. Crescimento da planta. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.581:635.1/.8

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CULTIVO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.)
SOB DÉFICIT HÍDRICO INTERMITENTE NO SOLO

AUTORA: CARLA REGINA AMORIM DOS ANJOS QUEIROZ

ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIZ CARLOS PAVANI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. SÉRGIO ANTÔNIO LEMOS DE MORAIS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUIZ CARLOS PAVANI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. OTHON CARLOS DA CRUZ

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

Profa. Dra. DEBORAH SANTESSO BONNAS

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberlândia/MG

Data da realização: 29 de agosto de 2012.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz nasceu em Goiânia, GO, Brasil, em 03 de janeiro de 1973. Coursou Licenciatura e Bacharelado em Química, ambos na Universidade Federal de Uberlândia, com conclusões nos anos de 1996 e 1998, respectivamente. Ingressou em 1999 na segunda turma de mestrado do Instituto de Química, na mesma Universidade, e concluiu o curso em 2001, com dissertação intitulada “Análise da lignina de madeira moída e dos polifenóis da aroeira-preta (*Astronium urundeuva*)”. Trabalhou como aluna de iniciação científica por dois anos e desde o término da graduação atua como professora da área de Química do ensino médio e superior, em escolas públicas e particulares. No ano de 2006 passou a atuar na rede Federal de Ensino, como professora do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Em 2009 ingressou no curso de doutorado em Agronomia, pelo programa em Ciência do Solo da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP – Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do professor Doutor Luiz Carlos Pavani, passando a atuar com enfoque na interface entre a Química e a Agronomia.

*O proveito da terra é para todos;
até o rei se serve do campo.
Eclesiastes 5:9*

*Os que com lágrimas semeiam com júbilo ceifarão.
Quem sai andando e chorando enquanto semeia, voltará
com júbilo, trazendo seus feixes.
Salmos 126:5-6*

*Ao Senhor Deus agradeço pelo dom da vida, pela
presença e oportunidade de mais uma bênção, entre
tantas na minha vida.*

*Aos meus pais José Evangelista e Maria
Abadia, pela dedicação e amor sempre
oferecidos a mim.*

Ofereço

*Ao meu esposo, Carlos Magno, pelo amor e
apoio incondicional; aos meus filhos Paulo
Vitor, Marcos Haniel e Anelisa, meus
presentes...*

Dedico

Agradecimentos especiais

Ao professor, orientador e exemplo, Dr. Luiz Carlos Pavani,
pelos esforços, pela paciência e pela coragem, literalmente,
de enfrentar as *Pereskias*; estar sob sua orientação foi uma
grande experiência.

Aos familiares e amigos que suportaram minha
“presença ausente” por todo o tempo desse trabalho.

À minha avó Opelina Luíza (*in memoriam*), cujo
exemplo trago nas lembranças.

Ao Senhor Olete Maia,
pela dedicação às
Pereskias.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo - da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao departamento de Engenharia Rural – pela condução do projeto de doutorado.

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Câmpus Uberlândia, pelo apoio oferecido ao desenvolvimento prático do trabalho.

Ao professor coorientador, Dr. Sérgio Antônio Lemos de Moraes, que desde a graduação, passando pelo mestrado e agora no doutorado, me orienta e ajuda.

Aos professores membros das bancas examinadoras de qualificação e da tese, pelas correções e contribuições.

À professora Dra. Denise Garcia de Santana pela ajuda em muitos momentos, foi fundamental.

Aos professores Dr. Fernando César Juliatti, Dra. Adriane de Andrade Silva e ao técnico Roberto Resende dos Santos pelas análises e empréstimos de material; ao professor Dr. Gilberto Fernandes Corrêa pela classificação do solo e à professora Dra. Rosana Romero pela herborização das amostras de Ora-pro-nóbis.

Ao professor Dr. Othon Carlos da Cruz pela elaboração da curva de retenção de água no solo.

À botânica Dra. Maria de Fátima Freitas pela presteza na identificação da Ora-pro-nóbis.

Aos professores Dr. Manoel Evaristo Ferreira, Dr. José Carlos Barbosa e Dra. Marli A. Ranal que são considerados por mim exemplos de dedicação em sala de aula.

A todos que auxiliaram na coleta de material vegetal, especialmente ao Sr. Lázaro do Jardim Experimental do Instituto de Biologia da UFU e à jornalista Sra. Dolores Mendes, proprietária do restaurante “Ora-pro-nóbis”.

Ao professor e amigo Reginaldo Rodrigues de Andrade, foram muitos bons momentos no dia-dia da parte prática, obrigada pela caminhada com as *Pereskias*.

À professora Zilda Corrêa de Lacerda pelas idas e vindas, pela companhia e companheirismo.

À companheira de sala e amiga, professora Cláudia Maria Tomás Melo, pela disposição constante em colaborar com a parte de análises físico-químicas. Sem palavras!

Aos professores colegas de doutorado de Uberaba, pela troca de experiências. À professora Dra. Sueli Ciabotti e à Gláucia de Freitas pelo grande apoio aos procedimentos administrativos.

Aos colegas do IFTM que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho, especialmente à turma do laboratório, Hélio, Nágilla, Sabrina e Talita; do viveiro, Alessandra, Marcelinho e Wedson e da biblioteca Heliese e Ana Clara. Toda ajuda e participação de cada um foi muito importante.

Às alunas de iniciação científica Jéssica Pinheiro dos Santos e Cristina Maria dos Santos Moraes, pelo auxílio na coleta de dados experimentais.

Aos alunos que de formas diversas puderam contribuir com o trabalho, especialmente ao aluno José Josiberto, pelas muitas vezes que me ajudou nas diversas etapas do trabalho experimental.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xv
RESUMO	xix
SUMMARY	xx
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Contexto brasileiro: hortaliça não convencional e medicinal	6
2.2 Composição química da planta e alimentos preparados com sua adição	9
2.3 Propagação e cultivo da OPN	10
2.4 O controle hídrico na produção vegetal.....	12
2.5 O potencial mátrico (ou matricial) do solo e o uso do tensiômetro (tensiometria)	13
2.6 Respostas ao déficit hídrico	14
2.7 Análise de crescimento de plantas.....	16
2.8 Análises micromorfométricas	18
2.9 Teor e acúmulo de alguns elementos químicos nos tecidos vegetais.....	19
2.10 Nutrientes em alimentos: composição centesimal.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Localização e descrição da área experimental.....	26
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	26
3.3 Escolha e preparo das estacas, formação e preparo das mudas.....	27
3.4 Preparo do substrato e dos vasos para o transplantio	28
3.5 Instalação dos tensiômetros, avaliação do potencial mátrico e manejo da irrigação	34
3.6 Condução do experimento	38
3.7 Análises micromorfométricas em folhas	39
3.8 Determinação da área foliar e das massas das partes e da planta toda.....	40
3.8.1 Determinações a partir das massas de plantas.....	42
3.8.2 Determinações a partir da área foliar e massas secas.....	43

3.9 Determinação do teor e acúmulo de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S.	44
3.10 Composição centesimal	45
3.10.1 Umidade residual	46
3.10.2 Cinzas	46
3.10.3 Proteínas	46
3.10.4 Lipídeos.....	47
3.10.5 Fibra bruta (FB)	47
3.10.6 Carboidratos	47
3.10.7 Valor energético	48
3.11 Tratamento estatístico dos dados	48
3.12 Caracterização das condições ambientais no interior da casa de vegetação	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Condição das plantas após transplântio e condição inicial do experimento.	51
4.3 Teor de água e massas secas	53
4.4 Razões de massa.....	57
4.5 Área foliar, relações de área e de área e massa.....	61
4.6 Eficiência de uso da água (EUA).....	63
4.7 Células estomáticas e epidérmicas	65
4.8 Macronutrientes.....	69
4.8.1 Nitrogênio (N)	69
4.8.2 Fósforo (P)	74
4.8.3 Potássio (K).....	79
4.8.4 Cálcio (Ca)	85
4.8.5 Magnésio (Mg)	90
4.8.6 Enxofre (S)	95
4.8.7 Teores de macronutrientes em cada parte da planta	100
4.9 Composição centesimal	106
4.9.1. Folhas.....	106
4.9.2 Caules	113
5. CONCLUSÕES.....	122
REFERÊNCIAS.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e física do substrato após a incubação.	32
Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão e resumo das análises de variância de para número de folhas, comprimento do único galho após a poda inicial e diâmetro do colo das estacas em plantas de Ora-pro-nóbis aos 14 dias após o transplântio das mudas, antes da aplicação dos tratamentos.	34
Tabela 3. Parâmetros da equação de Genuchten (1980) e umidade calculada para os potenciais mátricos do substrato referentes aos tratamentos.	37
Tabela 4. Potencial mátrico médio (PMM), volume total de água por vaso (VTAV), número de irrigações (NI), intervalos médios entre irrigações (IMI) e volume médio de irrigação por vaso (VMIV) durante o experimento com plantas de Ora-pro-nóbis em casa de vegetação.	51
Tabela 5. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, estimativas de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade em raízes, caules e folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após transplântio.	53
Tabela 6. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para massa seca de raízes, caules, folhas, parte aérea e total de plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico do solo, aos 140 dias após o transplântio.	54
Tabela 7. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para as razões de massa seca radicular (RMR), caulinar (RMC), foliar (RMF), razão de massa aérea (RMA), razão massa de folha massa de caule (RFC), razão massa de folha massa de raiz (RFR) e razão massa de caule massa de raiz (RCR) das plantas de Ora-pro-nóbis aos 140 dias após o transplântio.	58
Tabela 8. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.	61
Tabela 9. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para a eficiência de uso da água (EUA) das plantas	

de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplantio.....	64
Tabela 10. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o índice estomático (IE) e densidade estomática (DE) em lâminas paradérmicas superiores (adaxiais) e inferiores (abaxiais) de folhas de Ora-pro-nóbis, aos 130 dias após o transplantio.	66
Tabela 11. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para as razões face superior (adaxial) e inferior (abaxial) de células epidérmicas (RCEPI), Índice Estomático (RIE) e Densidade Estomática (RDE) em lâminas paradérmicas de folhas de Ora-pro-nóbis, aos 130 dias após o transplantio.	67
Tabela 12. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplantio.	70
Tabela 13. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplantio.	72
Tabela 14. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de fósforo em plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplantio.	75
Tabela 15. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de fósforo em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplantio.	78
Tabela 16. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de potássio em plantas de Ora-pro-nóbis, aos 140 dias após o transplantio, em base seca a 65 °C, em função do potencial mátrico no solo.	80
Tabela 17. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de	

determinação (R^2) para o acúmulo de potássio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	84
Tabela 18. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de cálcio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	86
Tabela 19. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de cálcio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	89
Tabela 20. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de magnésio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	91
Tabela 21. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de magnésio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	94
Tabela 22. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo da análise de variância, regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficiente de determinação (R^2) para o teor de enxofre em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	96
Tabela 23. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de enxofre em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	99
Tabela 24. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para os teores de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos nas folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico do solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.	107
Tabela 25. Teores de proteínas provenientes de análises em amostras coletadas em diferentes locais ou regiões, em base seca.	109

- Tabela 26. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade total, extrato seco e valor energético para folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.112
- Tabela 27. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em caules de Ora-pro-nóbis, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.114
- Tabela 28. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade total, extrato seco e valor energético, em caules de Ora-pro-nóbis, aos 140 dias após o transplântio.117
- Tabela 29. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para a razão caule/folha em relação ao teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos em plantas de Ora-pro-nóbis, em base seca 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.....119

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Exemplar de *Ora-pro-nóbis*, com botões florais fechados (A), flores (B) e frutos (C).5
- Figura 2. Representação esquemática dos fluxos de matéria e energia a partir da fotossíntese.....17
- Figura 3. Aspectos da planta matriz: A – em florescimento; B – aspecto vegetativo.27
- Figura 4. Preparação das mudas para o transplântio: A – retirada do recipiente sem danificar o sistema radicular das mudas; B – aspecto das raízes após retirada do substrato; C – proteção das raízes com saco de plástico para evitar o ressecamento das raízes.28
- Figura 5. Fase de incubação do substrato nos vasos: A – vista geral dos vasos cobertos com os sacos de plástico; B – Detalhe dos tubos de plástico inseridos nos sacos de plástico para troca gasosa do solo com o ambiente externo.31
- Figura 6. Aspecto das mudas após o transplântio para os vasos: A – muda recém transplantada; B – disposição dos vasos na bancada com as mudas recém transplantadas; C – vasos com a superfície do substrato coberta com papel de filtro e as mudas após a irrigação.....32
- Figura 7. Detalhe da muda após a remoção dos brotos menos vigorosos no 14^o dia após o transplântio33
- Figura 8. Detalhes dos tensiômetros nos vasos: A – em processo final de instalação aos 17 dias após o transplântio; B – recém instalado e já preenchido com água destilada aos 17 dias após o transplântio; C – instalado e já em funcionamento aos 36 dias após o transplântio; D – medição com o tensímetro digital de punção.....36
- Figura 9. A - Curva característica de retenção de água pelo substrato entre 0 e - 1500 kPa elaborada aplicando-se à expressão (2) os parâmetros apresentados na Tabela 2; B – Trecho da mesma curva restrito ao intervalo de potenciais possíveis de serem medidos pelo tensiômetro (0 a -80 kPa).37
- Figura 10. Detalhes das plantas aos 140 dias após o transplântio: A – aspecto das plantas ainda nos vasos; B – lavagem em água corrente de folhas e caules; C – lavagem em água corrente de raízes.....41
- Figura 11. Umidade relativa (UR, %) máxima e mínima e temperatura (Temp, °C) máxima e mínima do ar no interior da casa de vegetação dos 21 aos 140 dias após o transplântio.49

Figura 12. Insolação total durante 140 dias, desde o transplântio das mudas (Março: 26 dias; Julho: 23 dias) até o corte das plantas.	50
Figura 13. Massa seca de raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF), parte aérea (MSPA) e total (MST) de plantas de Ora-pro-nóbis aos 140 dias após o transplântio, em função do potencial mátrico do solo.	55
Figura 14. Razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF) e razão de massa da parte aérea (RMA) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.	60
Figura 15. Razões entre massa de folha e massa de caule (RFC), massa de folha e massa de raiz (RFR) e entre massa de caule e massa de raiz (RCR) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.	60
Figura 16. Área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) em plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.	62
Figura 17. Eficiência de uso da água (EUA) pelas plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após transplântio das mudas.	64
Figura 18. Densidade estomática (DE) e Índice estomático (IE) das faces superior (adaxial) e inferior (abaxial) das folhas de Ora-pro-nóbis, cultivadas em função do potencial mátrico no solo, aos 130 dias após o transplântio.	67
Figura 19. Razão entre as faces superior (adaxial) e inferior (abaxial) para células epidérmicas (RCEPI), Índice Estomático (RIE) e Densidade Estomática (RDE) em folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 130 dias após o transplântio.	68
Figura 20. Teor de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	70
Figura 21. Variação no acúmulo de nitrogênio em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	73
Figura 22. Variação no teor de fósforo em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	76
Figura 23. Acúmulo de fósforo em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplântio.	79
Figura 24. Teor de potássio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial	

mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	81
Figura 25. Acúmulo de potássio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	85
Figura 26. Teor de cálcio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	87
Figura 27. Acumulo de cálcio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	90
Figura 28. Teor de magnésio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	92
Figura 29. Acúmulo de magnésio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	94
Figura 30. Teor de enxofre em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	97
Figura 31. Acúmulo de enxofre em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	99
Figura 32. Teor de macronutrientes em raízes de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplântio.....	100
Figura 33. Teor de macronutrientes em caules de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	101
Figura 34. Teor de macronutrientes em folhas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	102
Figura 35. Teor de macronutrientes em parte aérea de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplântio.	104
Figura 36. Teor de macronutrientes em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.	105
Figura 37. Teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em folhas	

de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplantio.....	108
Figura 38. Umidade total, extrato seco e valor energético em folhas da Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplantio.	113
Figura 39. Teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em caules de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplantio.....	115
Figura 40. Umidade total, extrato seco e valor energético em caules de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico do solo, aos 140 dias após o transplantio.	118
Figura 41. Razões caule/folha para os teores de cinzas, lipídeos, proteínas, fibra bruta e carboidratos em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplantio.	120

CULTIVO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.) SOB DÉFICIT HÍDRICO INTERMITENTE NO SOLO

RESUMO – Plantas de Ora-pro-nóbis (OPN) foram submetidas, a partir de -5 kPa, à variação intermitente do potencial mátrico no substrato (PM) para até -10, -30, -50 ou -70 kPa (tratamentos). Com base no PM medido com tensiômetro de cápsula porosa e na curva de retenção de água do substrato foram aplicados os volumes de água por tratamento, em cada irrigação. Aos 140 dias após o transplântio a redução do PM provocou nas plantas estresse por déficit hídrico no solo em função da redução significativa do acúmulo de massa seca, mas o estresse foi de baixo a moderado uma vez que não ocorreu redução na área foliar e nem abscisão de folhas. Houve mudança na alocação de massa entre as partes, com maior redução em raízes, seguida de caules e folhas, além de redução na eficiência fotossintética, em função do decréscimo na área foliar específica e na razão de área foliar. Com menor PM a eficiência no uso da água foi maior, indicando bom potencial produtivo mesmo nessa condição; além de maior quantidade de células epidérmicas adaxiais, cujo tamanho foi reduzido. Os teores de macronutrientes em folhas seguiram a ordem $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$. Na planta toda, o teor de fósforo foi menor que os teores de N, K, Ca e Mg e maior que o S. Nas folhas de OPN a redução no PM de -10 kPa até -70 kPa, provocou redução no valor energético, extrato seco, fibra bruta e lipídeos, e aumento no teor de proteínas e carboidratos. Nos caules, resposta similar foi observada para o valor energético, extrato seco, proteínas e cinzas. Entretanto, para carboidratos e lipídeos, observou-se, respectivamente, redução e aumento dos teores em função da queda do PM. Os teores de lipídeos, cinzas e proteínas são maiores em folhas.

PALAVRAS CHAVE: Anatomia foliar, composição centesimal e de minerais, crescimento da planta, hortaliça não convencional, irrigação, potencial matricial do solo

GROWING AND CHEMICAL COMPOSITION OF ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Mill.) UNDER INTERMITTENT WATER DEFICIT IN THE SOIL

SUMMARY - Ora-pro-nóbis plants (OPN) were submitted from -5 kPa to -10, -30, -50 or -70 kPa (treatments) of intermittent variation of the matric potential (PM) in the substrate. According to the measured PM with porous cup tensiometer and the water retention curve of substrate, were applied at each irrigation time the volume of water required for each treatment. Up to 140 days after transplanting the PM decrease caused stress on plants by soil water deficit as evidenced by significant reduction in dry mass accumulation, but the stress was low to moderate since there was no significant reduction in leaf area and nor abscission of leaves. There was change in allocation mass between its parts, greater reduction in roots followed by stems and leaves, and photosynthetic efficiency reduction, due to decrease in specific leaf area and leaf area ratio. Under lower PM, the water use efficiency was greater, indicating good productive potential even in this condition, besides a greater number of adaxial epidermal cells, whose size were reduced. In leaves, macronutrient contents followed the order $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$. In whole plant, the phosphorus content was lower than the levels of N, K, Ca and Mg and higher than S. In OPN leaves, PM decrease from -10 kPa to -70 kPa caused a reduction in the energy value, dry extract, crude fiber and lipids, and increased protein and carbohydrates. In stems, similar response was observed for energy value, dry matter, protein and ash. However, for carbohydrates and lipids was observed, respectively, decreased and increased levels due to PM decrease. The stem/leaf reasons revealed that lipids, ash and protein levels are higher in leaves.

KEYWORDS: Irrigation, leaf anatomy, non-conventional vegetable, proximate and mineral composition, plant growth, soil matric potential

1 INTRODUÇÃO

A *Pereskia aculeata* Miller (Ora-pro-nóbis) é uma cactácea que possui folhas verdadeiras e potencial para uso alimentar como hortaliça, fonte de nutrientes minerais e orgânicos. É considerada hortaliça não convencional, pela produção praticamente limitada ao cultivo doméstico, embora haja incentivo do Governo Federal para que seja inserida na dieta dos brasileiros. No Estado de Minas Gerais seu uso em determinadas regiões é conhecido e apreciado em iguarias culinárias presentes em restaurantes especializados na culinária mineira. Produz também flores melíferas e frutos comestíveis, considerados importantes para alimentação de aves e mamíferos frugívoros onde estão presentes naturalmente. Assim como as folhas, os frutos também apresentam potencial para uso e consumo humano *in natura* e em produtos obtidos do seu processamento.

Popularmente, o uso medicinal é conhecido em algumas regiões do Brasil, e pesquisas científicas têm atestado o potencial das folhas como anti-inflamatório, cicatrizante, antitumoral e tripanocida (ROYO et al., 2005; VALENTE et al., 2007; BARROS et al., 2009; SARTOR et al., 2010; OLIVEIRA, 2008).

De fácil propagação por sementes e por estaquia caulinar, crescimento rápido e vigoroso, baixa incidência de pragas e doenças e adaptabilidade a solos e climas variados, torna-se uma boa opção para cultivo, produção e aproveitamento dos seus nutrientes.

O aproveitamento da Ora-pro-nóbis (OPN) em todas as suas partes (raízes, caules, folhas, flores e frutos) pode ser maximizado se as respostas da planta a cada um dos fatores de influência sobre seu crescimento e desenvolvimento forem conhecidos, sejam eles endógenos ou exógenos. Atualmente ainda são escassos os relatos científicos acerca do seu cultivo, seja em função das condições adequadas de solo, irrigação, adubação, insolação, temperatura ou mesmo de manejo como podas, espaçamento, condução, entre outros.

Para os vegetais, a água é um reagente indispensável para a fotossíntese, e como consequência para a produção de metabólitos primários e secundários. A necessidade hídrica de cada espécie vegetal e a extensão da tolerância ao déficit hídrico são características próprias que podem causar efeitos muito distintos quando essas são submetidas a condições de restrição, tais como aumento ou diminuição de substâncias bioativas como os antioxidantes, ou outros metabólitos, como os óleos essenciais. Além disso, se submetidas a condições muito adversas, as plantas podem apresentar danos irreversíveis como queda de folhas e aumento da peroxidação lipídica com dano nas membranas e morte celular.

A água para a produção de alimentos assume importância estratégica, uma vez que 69% da água doce do mundo retirada dos mananciais superficiais e/ou subterrâneos são para uso na agricultura, principalmente na irrigação. Assim, o conhecimento do consumo real de água pelas plantas, o controle da água aplicada e a avaliação dos efeitos do seu excesso ou falta, em termos de produção de massa fresca/seca e da sua influência sobre a morfoanatomia e constituição química das plantas, é alvo de muitas pesquisas. Desta forma, o uso racional da água na agricultura irrigada é de fundamental importância, promovendo estratégias de manejo de irrigação que possibilite incrementar os rendimentos das culturas. Dentre essas estratégias, seja em condições experimentais ou de cultivo extensivo irrigado, o uso de tensiômetros de cápsula microporosa de cerâmica instalados na região das raízes das plantas, permite o conhecimento do estado de energia de retenção da água no solo nessa região. A transformação dessa energia para quantidade de água armazenada no solo permite com maior precisão, quantificar a água consumida pela planta a partir de um nível crítico mínimo até o nível ótimo de umidade, e assim retornar à planta o que foi consumido, com possibilidade de maximização da eficiência de uso da água aplicada.

Face ao exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do déficit hídrico intermitente no solo pela redução controlada do potencial mátrico entre -10 kPa e -70 kPa no crescimento e na composição química de plantas de *Ora-pro-nóbis* cultivadas em casa de vegetação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O nome Ora-pro-nóbis (OPN) significa “orai por nós”. O nome indígena é Mori (NOELLI, 1998) ou Guaiapá (Tupi-Guarani) (MUNIZ, 2008) e significa “planta que produz frutos com muitos espinhos finos”.

Atualmente, a OPN é designada cientificamente por *Pereskia aculeata* Miller, mas inicialmente o gênero *Pereskia* foi descrito como *Peireskia* por Plumier, em 1703. Linnaeus usou o nome *Cactus pereskia* em 1753, mas, é devido a Miller, em 1754, a elevação do nome para o nível de “gênero” e essa é tida como primeira classificação válida (BUTTERWORTH & WALLACE, 2005). Essa designação do gênero foi uma homenagem ao cientista francês Nicolas Claude Fabri de Peiresc (1580-1637), de acordo com SCHEINVAR (1995). Já o termo *aculeata* vem do latim e significa espinho, agulha (ACCORSI & DOSOUTO, 2006).

NOELLI (1998) relata o uso da casca da OPN como adstringente pelos índios Guaranis, e CHAMPS et al. (2003) relatam seu uso popular para tratamento de feridas. Outros levantamentos etnofarmacológicos revelam seu uso como forma de combate à anemia (DAMASCENO & BARBOSA, 2008).

O gênero *Pereskia* é considerado um ancestral primitivo dos cactos e compreende 17 espécies incluindo arbustos folhosos e plantas arbóreas, cujos caules não são suculentos, apresentam estômatos e a formação de casca retardada (EDWARDS & DONOGHUE, 2006).

A *Pereskia aculeata* Mill. é uma angiosperma dicotiledônea, com folhas, caules, frutos e sementes bem caracterizados morfológicamente (BOKE, 1954, 1966, 1980; LEUENBERGER, 1986; SAJEVA & MAUSETH, 1991; ROSA & SOUZA, 2003; DUARTE & HAYASHI, 2005; GARCIA et al., 2000; LOPES et al., 2008), o que não ocorre com suas raízes, pois nenhum relato científico foi encontrado.

As folhas da OPN possuem limbo e pecíolo (Figura 1, A). O limbo apresenta células epidérmicas com paredes espessadas e estômatos paracíticos em ambas as faces. Seus estômatos estão inseridos no mesmo nível das células vizinhas. Sua

cutícula é relativamente espessa e estriada (DUARTE & HAYASHI, 2005).

Entre as características morfológicas, os caules apresentam cristais de oxalato de cálcio, os quais são importantes para defesa mecânica contra herbivoria, suporte estrutural e manutenção do equilíbrio iônico (DUARTE & HAYASHI, 2005); e feixes medulares considerados anômalos e sem função conhecida (LOPES et al., 2008) (LOPES, SOUZA, et al., 2008).

As flores da OPN são brancas (Figura 1, B), possuem odor agradável e permanecem abertas por apenas um dia (BOKE, 1966), abrindo-se ao amanhecer e fechando-se ao entardecer. Possuem cerca de 4 cm de diâmetro e seus receptáculos apresentam de 6 a 8 bractéolas foliares que aparecem nos frutos e caem quando esses amadurecem. Ela é considerada perígina e apresenta no hipanto além de bractéolas verdes, acúleos (ROSA & SOUZA, 2003). Os frutos são verdes quando imaturos e alaranjados quando maduros (Figura 1, C) e foram descritos detalhadamente por BOKE (1966).

As sementes ocorrem em número de 1 a 8 nos frutos, embora ROSA & SOUZA (2003) citem apenas 2 a 3 em cada fruto e DAU e LABOURIAU (1974) relatem de 1 a 6 sementes por fruto. Possuem formato lenticular, cor marrom-escura a preta e são brilhantes quando maduras. DAU e LABOURIAU (1974) estabeleceram para germinação o intervalo de temperatura ótimo entre 6 °C e 38 °C, com máximo de germinação em 33 °C, que é considerado pelos autores como baixa tanto para o mínimo quanto para o máximo do intervalo, além da germinação ser independente da presença de luz no intervalo ótimo de temperatura, oposto ao que ocorre com outras cactáceas estudadas por esses autores.

LEUENBERGER (1992a) relata o rápido crescimento de *Pereskia aculeata* Mill. em condições favoráveis. Esse mesmo autor, observando o crescimento de outras espécies de *Pereskia*, avalia que o crescimento da parte aérea pode ser suprimido em função de condições adversas extremas. Além disso, relata a grande plasticidade nas características vegetativas. Segundo esse autor, suas flores podem ser esperadas apenas se as plantas obtidas de estacas adultas enraizadas estiverem em vasos e com adubação com baixo teor de nitrogênio, pois de forma oposta haveria crescimento vegetativo intenso.



Figura 1. Exemplar de Ora-pro-nóbis, com botões florais fechados (A), flores (B) e frutos (C).

Fonte: arquivo pessoal da autora.

Em relação à forma de fixação do CO_2 absorvido, a OPN é considerada por GEHRIG et al. (1998) de metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), determinado por análise comparativa de sequenciamento de DNA. Entretanto, MARCHESI et al. (2006) utilizando técnicas de espectroscopia de massas, determinando a razão isotópica entre ^{13}C e ^{12}C , relatam que seu metabolismo é do tipo C_3 . Por outro lado, EDWARDS & DONOGHUE (2006) admitem por meio de estudos com sete diferentes espécies de *Pereskia*, que essas apresentam ciclo CAM, o qual permitiria uma variação na rota fotossintética em que a planta abre seus estômatos durante o dia e fecha durante a noite, porém com reassimilação interna do CO_2 respirado. Para *Pereskia aculeata*, de forma indireta, esses autores consideram sua forma de fixação de carbono como C_3 e CAM (presumido).

A *Pereskia aculeata* foi descrita em ocorrência natural por SCARANO et al. (2001), tendo como habitat de preferência a floresta seca, distribuição neotropical e metabolismo C_3 . A razão C/N mensurada em caules foi 34 e em folhas foi igual a 10; este último valor baixo em comparação à média obtida para o grupo de plantas C_3 de

distribuição generalista neotropical, que foi igual a $30,4 \pm 15,9$ e também à média obtida considerando o grupo de cactáceas C_3 , 22 ± 17 . Pode-se inferir deste resultado o possível elevado teor de nitrogênio nas folhas. Ainda segundo SCARANO et al. (2001) há maior eficiência no uso da água em folhas que em caules, tomada pela mensuração da relação entre o CO_2 interno (ci) e o atmosférico (ca) (ci/ca) (0,51 para folhas e 0,62 para caules).

Os potenciais hídricos foliares mínimos da OPN são elevados para plantas de clima tropical semiárido e possuem elevada eficiência no uso da água para fotossíntese. As máximas taxas de transpiração são consideradas baixas e possuem armazenamento de água no tecido foliar considerado levemente suculento. O extenso grupo de adaptações peculiares à escassez de água lhe permite ser perene e apresentar-se sempre verde apesar das condições de seca extrema (EDWARDS & DONOGHUE, 2006).

2.1 Contexto brasileiro: hortaliça não convencional e medicinal

O Brasil é considerado um dos países de “megadiversidade” biológica, com cerca de 22% da diversidade vegetal mundial (CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL, 2011), 56.000 espécies de plantas superiores, sendo 162 espécies de cactáceas, das quais 123 são endêmicas (GIULIETTI et al., 2005). Entretanto, ALMEIDA et al., (2002), KINUPP & BARROS (2008) e KINUPP (2009) consideram muito pequena a fração de plantas brasileiras já estudadas.

A *Pereskia aculeata* Mill. é uma planta cactácea classificada como exótica por MARCHESE et al. (2006) e como nativa não endêmica por ZAPPI et al. (2012). No Brasil é mais conhecida como Ora-pro-nóbis, embora possam ser sinônimas as designações lobrobó, lobrodo, guaiapá, groselha-da-américa, cereja-de-barbados, cipó-santo, mata-velha, trepadeira-limão, espinho-preto, jumbaba, espinho-de-santo-antônio e rosa-madeira. É utilizada como alimento humano e também como medicamento fitoterápico popular (SCHEINVAR, 1985; DUARTE & HAYASHI, 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2010).

A OPN figura como hortaliça não convencional nos documentos oficiais brasileiros desde 2002 (BRASIL, 2002, 2004, 2010). Hortaliças são plantas herbáceas, geralmente de ciclo curto e tratos culturais intensos, consideradas importantes fontes de vitaminas e sais minerais, indispensáveis à alimentação humana (AMARO et al., 2007).

Consideram-se hortaliças não convencionais aquelas que, com distribuição limitada à determinada região, não fazem parte de uma cadeia produtiva à semelhança das hortaliças convencionais. Essas hortaliças podem exercer grande influência na alimentação e na cultura de populações tradicionais, mas não receberam o devido interesse da comunidade técnico-científica e consequentemente também não despertaram o interesse de empresas das áreas de fertilizantes, sementes ou agroquímicos (BRASIL, 2010).

Quando uma espécie vegetal é usada com fins terapêuticos, seja ela cultivada ou não, é designada por planta medicinal (BRASIL, 2006, 2011). Essas plantas possuem substância química ativa com ação farmacológica, normalmente em conjunto com um grupo de substâncias que fazem parte da constituição daquele vegetal e usualmente essas substâncias (princípios ativos) são desconhecidas (FURLAN, 1999; CALIXTO, 2000).

O governo brasileiro tem promovido ações para o desenvolvimento do setor que envolve a pesquisa e a produção de plantas medicinais, a partir da publicação do decreto 5.813 de 22 de junho de 2006, criando a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, e já estão traçadas suas diretrizes através do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (BRASIL, 2007). Entre seus fundamentos estão a ampliação das opções terapêuticas do Sistema Único de Saúde (SUS), o uso sustentável da biodiversidade brasileira e o desenvolvimento industrial e tecnológico (BRASIL, 2007).

Também tem sido estimulada a pesquisa envolvendo plantas nativas de cada região brasileira, de modo que possam ser exploradas e aproveitadas no complemento das necessidades nutricionais da população. De acordo com Ministério da Saúde, através do Guia Alimentar Para População Brasileira e Alimentos Regionais Brasileiros (BRASIL, 2002, 2004) a OPN é considerada hortaliça nativa de rico valor nutricional da

região Sudeste, presente no comércio e na alimentação apenas regionalmente e fonte potencial de substâncias bioativas, com folhas tenras, grossas e de alto valor proteico, equiparado ao do caruru, da couve e do espinafre. SILVA JÚNIOR et al. (2010) consideram-na espécie nutracêutica, com características de alimento funcional com propriedades protetoras e medicinais.

Embora haja esse incentivo pelo governo, a *Pereskia aculeata* é considerada espécie ameaçada (vulnerável) pelo governo do Rio Grande do Sul (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2003) além da pesquisa com espécies não convencionais ser considerada incipiente por KINUPP (2009).

De acordo com COUTO (2006) a OPN é também considerada planta de uso medicinal. Cientificamente, extratos aquosos e/ou alcóolicos de folhas, caules ou raízes têm sido testados e inseridos em formulações terapêuticas, para ações antimicrobiana, antitumoral, anti-inflamatória, cicatrizante e tripanocida (ROYO et al., 2005; VALENTE et al., 2007; BARROS et al., 2009; SARTOR et al., 2010; OLIVEIRA, 2008).

Naturalmente, os frutos da OPN são parte importante da dieta de animais silvestres frugívoros, principalmente por terem produção em épocas de seca e consequente escassez de outras fontes de alimento (MARTINS, 2009; FONSECA, 2005; GIORGETTI et al. 2004).

Há pouquíssima exploração comercial da OPN. Ela é cultivada quase que exclusivamente como planta doméstica e por alguns poucos produtores de mudas, mas não há relato bibliográfico de cultivo comercial com fins lucrativos a partir de seu corte ou mesmo de outras formas de uso de seus constituintes. Apesar disso, é considerada como potencial para exploração econômica (GONZAGA, 2005; ACCORSI & DOSOUTO, 2006; MUNIZ, 2008; DOSOUTO, 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2010; MADEIRA & SILVEIRA, 2010).

Contrariamente ao exposto, MORAN & ZIMMERMANN (1991) consideram a OPN uma espécie que sobe em espécies arbóreas, sejam silvestres ou comercialmente plantadas, podendo, eventualmente, matá-las. Na Austrália ela faz parte de uma lista de espécies não nativas consideradas daninhas e de grande potencial para causar danos ambientais, em função da alta quantidade de espinhos e capacidade de crescimento,

com formação de moitas densas, não obstante haja o conhecimento declarado de planta com alto valor nutritivo e medicinal (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2003).

2.2 Composição química da planta e alimentos preparados com sua adição

A OPN tem sido estudada em relação às características químicas de folhas e frutos, principalmente. Para os caules os estudos são restritos e para raízes nenhum relato foi encontrado. Na literatura pesquisada também foram encontradas poucas referências vinculando as características químicas ao manejo e aos fatores ambientais como em trabalho com plantas cultivadas em função de sombreamentos (MORAES et al., 2010a, b), em diferentes substratos (GUIMARÃES et al., 2009) e na produção de mudas em função de lâminas de irrigação (VIEIRA et al., 2011).

Atribui-se à ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA (1974) o primeiro estudo científico acerca do valor nutritivo das folhas da OPN, com destaque para alto teor de proteínas, alta fração proteica digestível, presença de aminoácidos essenciais e proporcionalidade adequada entre eles.

DAYRELL e VIEIRA (1977a, b) obtiveram e analisaram um concentrado proteico de folhas de OPN, para o qual consideraram a análise de aminoácidos comparável ao padrão de referência da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), exceto para metionina.

Investigações acerca da constituição química das folhas da OPN já permitiram a caracterização de polissacarídeos (SIERAKOWSKI et al., 1987), aldoses (SIERAKOWSKI et al., 1990), esteróis (SALT et al., 1987), aminoácidos (ALBUQUERQUE et al., 2001), luteína (NACHTIGALL et al., 2007) e ausência de alcaloides alucinógenos, embora contenha tiramina, substância precursora de muitos deles (DOETSCH et al., 1980). Os aminoácidos sulfurados são os de menor contribuição para constituição proteica das folhas da OPN, as quais possuem também alto teor de cinzas, o que faz da OPN, possivelmente, desmineralizante para o solo (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Biopolímeros comestíveis formados por arabinogalactanos complexados com metais, obtidos de folhas de OPN, fazem-nas, uma fonte potencial de aditivo para indústria alimentícia e farmacêutica (MERCÊ et al., 2001).

A composição centesimal de folhas de OPN também foi determinada por GIRÃO et al. (2003), TAKEIT et al. (2009) e SILVA et al. (2010) em plantas sem condição de cultivo especificada, por GUIMARÃES et al. (2009) em plantas cultivadas em diferentes substratos, por MORAES et al. (2010a, b) em plantas jovens de OPN cultivadas em função de níveis de luz solar direta e por MAGALHÃES et al. (2011) em análise de diferentes matrizes de OPN em folhas apicais e basais.

Já há resultados de pesquisas indicando potencial de melhoria na qualidade nutricional e/ou sensorial de produtos formulados com a inclusão de OPN, na forma de farinhas (folhas secas moídas) ou mesmo folhas frescas, de acordo com WANG et al. (1996) e ROCHA et al. (2008) em massas de macarrão e de acordo com ROSA et al. (2011) em bolos. Da mesma forma, há potencial para utilização dos frutos em licor (SANTOS et al., 2011) e geleia (OLIVEIRA et al., 2011).

Ainda em relação aos frutos, HIGA & RODRIGUES (2009) verificaram que há correlação positiva entre o tamanho do fruto e seu número de sementes, bem como caracterização biométrica (UZCÁTEGUI-A, 1985), físico-química (QUEIROZ et al., 2011) e quantificação de substâncias carotenoides e fenólicas (WONDRACEK et al., 2008).

2.3 Propagação e cultivo da OPN

A propagação da OPN é considerada simples, por estaquia caular com facilidade de enraizamento (LEUENGERGER, 1992b; GRONNER et al., 1999; GONZAGA, 2005; ACCORSI & DOSOUTO, 2006; MUNIZ, 2008; DOSOUTO, 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2010; MADEIRA & SILVEIRA, 2010), adaptável a diferentes tipos de solo, não exigente em fertilidade e melhor sob luz solar plena (GRONNER et al., 1999), mesmo em estacas não tratadas com auxinas (PINTO et al., 2002).

As sementes de OPN germinam independentemente da presença de luz, e aquelas que passam pelo trato digestivo de animais aumentam significativamente o já alto índice de germinação (PEDRONI & SANCHES, 1996). Em testes de propagação *in vivo* (substrato) e *in vitro* (ambos sem fitorreguladores), mais de 98% das amostras havia emergido após 28 dias, com maior e mais rápido crescimento tanto da parte aérea quanto da raiz *in vivo* (HIGA et al., 2009). ARAÚJO & MOREIRA (2010) também relatam alta percentagem de germinação em sementes de OPN, e concluem que não há necessidade de procedimentos para quebra de dormência.

A OPN apresenta fácil crescimento, tanto a partir de sementes quanto de estacas; a temperatura ótima para o crescimento está entre 25 °C e 30 °C e em condição de seca extrema (meses ou mesmo anos) os caules secam, mas há capacidade de rebrota a partir da base do caule (LEUENBERGER, 1992b).

Há recomendação de poda leve a cada intervalo de três meses para que as folhas permaneçam tenras e novas. ACCORSI & DOSOUTO (2006) afirmam ainda que a planta prefere ambientes quentes, úmidos e não encharcados, além de serem intolerantes à temperaturas inferiores a 3 °C, embora ROJAS-ARÉCHIGA & VAHZQUEZ-YANES (2000) afirmem que suportam frio e neve. MUNIZ (2008) e MADEIRA & SILVEIRA (2010) afirmam que ela pode ser cultivada na sombra e TOFFANELI & RESENDE (2011) que a forma de condução – com ou sem espaldeiras - não interfere no crescimento das plantas.

Em cultivo para avaliar a influência de substratos e lâminas de água, em mudas produzidas a partir de sementes, VIEIRA et al. (2011) determinaram que há resposta positiva na qualidade das mudas produzidas com maior oferta de água, embora o aumento no percentual de composto orgânico no solo combinado com alta umidade produza mudas com qualidade inferior às demais.

As folhas da OPN podem ser atacadas por fungos foliares patogênicos, como o ferruginoso *Uromyces pereskiae* e os causadores de manchas *Pseudocercospora pereskiae* sp. e *Cercospora apii*, os quais podem causar dano extensivo às plantas (PEREIRA et al., 2007).

2.4 O controle hídrico na produção vegetal

O teor de água disponível para as plantas é essencial para seu desenvolvimento e torna-se fator de sucesso ou fracasso da produção; por isso é considerado o principal fator ambiental de influência para crescimento e sobrevivência das plantas em regiões áridas (FURLAN, 1999; SNYMAN, 2004).

A água atua como veículo de transporte de nutrientes, na manutenção da temperatura foliar, no metabolismo em diversas reações, como doadora de elétrons na reação de fotossíntese (BOHNERT et al., 1995), além de participar no solo da decomposição e atividade microbiana (KLAR, 1988). Para TAIZ & ZEIGER (2004) cada grama de matéria orgânica produzida pelas plantas necessita, em média, de 500 g de água absorvida pelas raízes, redistribuída pelo corpo da planta e perdida para atmosfera.

Não obstante a necessidade do uso da água para o funcionamento das plantas, BRITO et al. (2011) apontam para os custos elevados, além de limitado uso na agricultura, sendo necessários estudos que identifiquem espécies ou genótipos de uso mais eficiente da água e/ou que sejam de maior tolerância ao déficit hídrico.

Embora seja um fator considerado fundamental para o metabolismo das plantas, o aumento da disponibilidade hídrica não implica necessariamente maior produção de princípios ativos; experimentos mostram que a água pode reduzir o teor de alcaloides, bem como o teor de óleo essencial (CORRÊA JÚNIOR et al., 1994). MAGALHÃES (2008) apresenta resultados que confirmam que o estresse hídrico pode provocar diferentes resultados no teor de metabólitos secundários das plantas, mas geralmente, aumento de compostos como glucosinatos, antocianinas, alguns terpenos e alcalóides.

SANTOS & CARLESSO (1998) relatam a necessidade de estudos quantitativos envolvendo o estresse hídrico, visto que a maioria dos artigos trata o assunto qualitativamente, mesmo sendo este de grande importância, pois sua frequência e intensidade são os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. A extensão do dano causado pelo estresse hídrico será uma função do genótipo, da

duração do estresse, do estágio de desenvolvimento da planta, podendo ser irreversível (SANTOS & CARLESSO, 1998).

2.5 O potencial mátrico (ou matricial) do solo e o uso do tensiômetro (tensiometria)

O movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera ocorre no sentido da diminuição do seu potencial, a uma taxa que pode ser mensurada como a força responsável pelo movimento. Em condições de solo não saturado e sem problemas de salinidade, na região radicular o potencial mátrico pode ser considerado o componente mais importante responsável pela retenção e pelo movimento de água no solo (REICHARDT & TIMM, 2004).

A componente do potencial mátrico de maior influência sobre um determinado solo é sua textura, além de haver diferenças também em um mesmo solo em função da quantidade de água presente em determinado momento. Logo, para cada solo homogêneo há uma relação específica entre o potencial mátrico e a sua umidade, descrita comumente como “curva de retenção de água no solo” (REICHARDT, 1987). A mesma tem sido usada para descrever graficamente o comportamento da água no solo (GENUCHTEN, 1980), relacionando a energia de retenção da água (potencial mátrico) e o conteúdo de água correspondente, de forma específica para cada tipo (amostra) de solo em análise (CARDUCCI et al., 2011) em função das suas características próprias.

A medida do potencial mátrico do solo é mais comumente realizada com o uso do tensiômetro de cápsula microporosa, o qual é um instrumento de medida direta, considerado preciso e sensível para medidas *in situ* (BRITO et al., 2011). Ele é constituído de um tubo tensiométrico, que pode ser descrito como tubo de plástico o qual contém, em uma das extremidades, uma cápsula de cerâmica microporosa, por onde ocorre a troca de água entre o interior do tubo e o solo, de outro uma rolha de borracha que veda a entrada de ar (KLAR, 1988) e um medidor de pressão acoplado ou acoplável (KIRKHAM, 2005).

Mesmo considerando-se como uma de suas principais limitações o pequeno intervalo de potencial mátrico de uso (de 0 até cerca de -80 a -85 kPa), face a um intervalo importante agronomicamente variando de 0 a -1.500 kPa, para a agricultura comercial os potenciais mátricos de até -100 kPa englobam a maioria das culturas, o que confirma a sua aplicabilidade prática para monitoramento da água no solo e consequente manejo das culturas, com as vantagens de baixo custo relativo às demais formas de medida de potencial mátrico no solo e facilidade de uso (BRITO et al., 2009).

Convencionalmente, as medidas de tensão podem ser feitas por manômetros de mercúrio, os quais são precisos e exatos, normalmente utilizados como referência de calibração para os demais tipos. Alternativamente, sensores acoplados aos tensiômetros como o manômetro de Bourdon (transmite sinal analógico) ou o tensímetro digital de punção (transdutor de pressão) podem fazer a medida do potencial mátrico do solo (BRITO et al., 2009).

2.6 Respostas ao déficit hídrico

Déficit hídrico, salinidade, altas temperaturas, toxicidade química e estresse oxidativo são os principais fatores abióticos que provocam queda na produção em lavouras comerciais (WANG et al., 2003), e nas suas diferentes formas provocam modificação no status hídrico das plantas (BOHNERT et al., 1995). Para que essas modificações não venham a resultar em danos celulares permanentes, há necessidade de desenvolvimento de mecanismos de adaptação e tolerância aos estresses (WANG et al., 2003). KROON et al. (2005) chamam esses mecanismos de ajuste de “plasticidade vegetal”, os quais podem estar mais relacionados a partes específicas das plantas do que ao funcionamento da planta inteira. Essa plasticidade vegetal é tida como presente em soja (STOLF et al., 2009), taro (GONDIM et al., 2008) e em espécies de *Pereskia* (LEUENBERGER, 1992a), por exemplo.

O déficit hídrico para a planta pode ser definido como o desbalanceamento, mesmo que temporário, entre a quantidade de água absorvida pelas raízes das plantas

e perda pela transpiração; mesmo pequenos desbalanceamentos nesse fluxo de água podem causar déficit hídrico e mau funcionamento severo de processos celulares (TAIZ & ZEIGER, 2004). BOHNERT et al. (1995), entretanto, apontam que todas as plantas têm codificado capacidades específicas para percepção de estresses, para sua sinalização e resposta. Genericamente, o termo estresse pode ter o significado fisiológico de “resposta a situações diferentes”; mas alterações ambientais cíclicas, diárias ou sazonais, podem não resultar em estresses, senão quando a condição fisiológica da planta é modificada, alterando seu equilíbrio (SHAO et al., 2008).

Em razão da transpiração as plantas raramente estão totalmente hidratadas. O estresse hídrico pode provocar, dependendo de sua duração e extensão, inibição da divisão celular, da síntese de paredes celulares e proteica além de acúmulo de solutos, de ácido abscísico e fechamento estomático (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O estresse por déficit de água pode ser definido como uma situação em que o potencial hídrico e o turgor são reduzidos o suficiente para interferir nas suas funções normais. Se a perda de água for moderada, há fechamento estomático e limitação nas trocas gasosas. Se a perda for mais intensa, pode haver rompimento celular, interrupção do metabolismo e das reações catalisadas por enzimas. Em última instância, o estresse hídrico severo leva à interrupção permanente da fotossíntese, do metabolismo e à morte da planta (SHAO et al., 2008). Nessas condições, há também maior suscetibilidade a ataque por patógenos e insetos, bem como menor por organismos que requerem grande umidade foliar ou de solo; também são afetados, em menor extensão, a respiração, a translocação de nutrientes e a quantidade de material transportado (BENINCASA & LEITE, 2004).

A reprodução de plantas em função do estresse hídrico também pode ser afetada e pode falhar, embora haja para plantas mediterrâneas anuais adaptação fenológica em que a produção de flores e sementes ocorre antes da exaustão no suprimento de água. Também é possível que haja acúmulo de reservas em órgãos como caules e raízes, os quais são remobilizados na fase reprodutiva (CHAVES et al., 2002).

Em estudo com plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em suspensão total

de rega e controle em cinco épocas de colheita, CORREIA & NOGUEIRA (2004) relatam que o déficit hídrico provocou, ao final de 35 dias, redução no crescimento (sem paralisá-lo), na altura, no número de folhas e na área foliar, além da redução na matéria seca tanto de caules quanto de folhas. Determinou-se menor alocação de biomassa para folhas e caules e maior alocação para raízes.

Em estudo com duas espécies de *Populus*, YIN et al. (2005) descrevem que sob estresse hídrico a produção de biomassa mensurada como altura da parte aérea, massa total, número total de folhas e área foliar total decresceram, enquanto as razões raízes finas/raízes totais, massa raízes/área foliar, raízes/parte aérea e a eficiência no uso da água cresceram significativamente.

Para plantas de Nin indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.), redução de 60% da capacidade de pote (CP) afetaram negativa e significativamente o crescimento e a produção de matéria seca. Para plantas mantidas com apenas 20% da CP e com suspensão de rega houve redução da área foliar em relação ao controle (MARTINS et al., 2010).

Com OPN não foi encontrada, até o momento, literatura relatando resposta dessa planta à deficiência de água no solo, exceto pela avaliação de mudas obtidas de sementes (VIEIRA et al., 2011).

2.7 Análise de crescimento de plantas

O crescimento das plantas pode ser entendido como o aumento irreversível de qualquer atributo físico (PEIXOTO, 2010), de forma progressiva, como resultado da atividade fotossintética (cerca de 90%, depende fundamentalmente da água, energia e CO₂) e da absorção de nutrientes minerais (cerca de 10%). A quantificação do crescimento pode ser realizada a partir da mensuração de volume, massa, dimensões lineares e superficiais e/ou unidades estruturais, os quais aumentam ao longo do tempo. O balanço positivo entre os produtos gerados pela fotossíntese e os gastos com a respiração e a fotorrespiração serão responsáveis pela elaboração de material

metabólico e estrutural que levará ao crescimento, além da necessária manutenção dos órgãos já existentes nas plantas (Figura 2) (BENINCASA, 2003).



Figura 2. Representação esquemática dos fluxos de matéria e energia a partir da fotossíntese.

Fonte: BENINCASA (2003), remodelado.

A área foliar é um parâmetro que permite avaliar a eficiência das folhas das plantas na captação de energia solar e na produção de matéria orgânica, de tal forma que relaciona-se com o crescimento e desenvolvimento da planta. Pode ser determinada por métodos diretos (medidores de área foliar e planímetros) ou indiretos (comparação de massa de área conhecida de papel com massa de recortes dos perímetros das folhas, desenhados sobre o mesmo papel) (LUCCHESI, 1984). Outro método indireto envolve a utilização de imagens obtidas em scanners e posterior utilização de programas próprios que convertem os dados das imagens em unidades pixel ou dpi em unidades de comprimento ou área (BAUERMAN, 2009).

O crescimento das plantas está acompanhado pelo seu desenvolvimento, que significa, fisiologicamente, alterações nas relações internas entre células, tecidos, órgãos e planta inteira, além das relações entre essas partes e o meio externo. A alteração das relações de massa e/ou energia ocorrerá na superfície das plantas e essas alterações provocarão mudanças nas razões área/volume, que por consequência

modificarão seu metabolismo. Nesse processo, tanto a forma quanto a direção do crescimento dependem das interações entre o ambiente e o potencial genético da espécie vegetal (BENINCASA & LEITE, 2004).

Através da análise quantitativa do crescimento é possível avaliar a adaptação de novas culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos dos tratamentos culturais e do manejo, bem como a capacidade produtiva de diferentes genótipos (AGUIAR NETTO et al., 1995).

SILVA & NOGUEIRA (2003) afirmam que a massa seca é um parâmetro que permite inferir a translocação orgânica nos vegetais e a produtividade, além de ser usada para diferenciar espécies e inferir os efeitos do estresse hídrico nos vegetais.

A análise do crescimento de plantas está baseada na avaliação da massa seca, a partir da qual é possível inferir a contribuição de processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal. O crescimento assim quantificado é considerado o meio mais acessível e preciso para avaliar o vegetal em função das condições ambientais e/ou de cultivo (BENINCASA, 2003).

CONCEIÇÃO et al. (2004) também afirmam que a matéria seca total pode ser utilizada como forma de definir a produção e a sua variação ao longo do tempo pode ser empregada na estimativa de índices fisiológicos, os quais, por sua vez, podem caracterizar a capacidade de produção de determinada espécie ou genótipo. Já a partição de fotoassimilados pode ser redistribuída nas partes das plantas em função de modificações nos fatores ambientais de influência no crescimento.

A obtenção de dados de área foliar e massa seca permite a determinação de vários parâmetros (ou índices) de análise, que podem ser obtidos ao longo de intervalos de tempo pré-estabelecidos ou pontualmente, por exemplo, no momento do encerramento do experimento (LUCCHESI, 1984; BENINCASA, 2003).

2.8 Análises micromorfométricas

A análise quantitativa dos parâmetros anatômicos de um vegetal pode ser

denominada análise micromorfométrica. Ela pode ser usada para determinação de alterações sofridas em decorrência de fatores externos bióticos e/ou abióticos ou mesmo para identificação das características de cada espécie (controle botânico), conforme extensa literatura científica para muitas espécies vegetais (AGUIAR et al., 2007). Entre os parâmetros avaliados podem ser exemplificados a espessura de folha, índice estomático, densidade estomática, número de estômatos e células epidérmicas, assim como todas as suas dimensões, que podem ter suas medidas feitas manualmente, com uso de programas de cunho não específico para tratamento de imagens ou com programas específicos para contagens e medidas para análise micromorfométrica de tecido vegetal, como, por exemplo, o ANATI QUANTI (AGUIAR et al., 2007).

Análises micromorfométricas têm sido usadas para caracterização e/ou identificação de alterações em vegetais em função das condições e/ou tratamentos a que estão submetidos. Como exemplo do uso desse tipo de análise para caracterização de tecidos, cita-se os que verificam efeitos de tratamentos em guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) (CASTRO et al., 2007), em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (CERQUEIRA, 1992) e mangaba (*Hancornia speciosa* Gómez) (LUCENA et al., 2009).

A densidade estomática é uma das medidas micromorfométricas muito utilizadas na caracterização de plantas. Em OPN a densidade estomática varia entre 30 e 80 estômatos mm^{-2} de acordo com EGGLI (1984) citado por LEUENBERGER (1986) e $23,2 \pm 1,9$ estômatos mm^{-2} na epiderme superior e $58,6 \pm 2,9$ estômatos mm^{-2} na epiderme inferior, segundo SAJEVA & MAUSETH (1991).

2.9 Teor e acúmulo de alguns elementos químicos nos tecidos vegetais

Os elementos presentes nos tecidos vegetais podem ser classificados de acordo com a essencialidade (essenciais – C, O, H, N, K, Ca, P, Mg, S, Cl, Mn, B, Zn, Fe, Ni, Cu, Mo; benéficos ou essenciais para algumas espécies – Na, Si, Se, Co e não conhecidos como essenciais - demais), bem como de acordo com a quantidade média

necessária para as plantas (macronutrientes – C, O, H, N, K, Ca, P, Mg, S, necessários na ordem de g kg^{-1} e micronutrientes - Cl, Mn, B, Zn, Fe, Ni, Cu, Mo, necessários na ordem de mg kg^{-1}) (EPSTEIN & BLOOM, 2004; FAÇANHA et al., 2008; FAGERIA & MOREIRA, 2011).

O sistema radicular é o órgão da planta responsável pela absorção dos nutrientes no solo. A anatomia radicular e o local de absorção de cada nutriente (apical ou ao longo dos pelos radiculares) dependem da espécie estudada e do elemento em questão (BENINCASA & LEITE, 2004). A quantidade de nutriente absorvida é dependente de muitos fatores como o ambiente, a idade da planta, a temperatura, a umidade, a aeração, o pH do solo, além das interações iônicas e simbióticas com microrganismos no solo (FAÇANHA et al., 2008). Associados a estes fatores, a disponibilidade dos elementos no solo e a capacidade de absorção das raízes, resultarão em um influxo de íons suficiente ou não para atender as necessidades nutricionais da planta (FANQUIN, 2005).

HU & SCHMIDHALTER (2005) afirmam que em condição de déficit hídrico ou salinidade há distúrbios nas relações entre os nutrientes, em função dos efeitos de disponibilidade, transporte e partição de nutrientes nas plantas. Há tendência de decréscimo nas taxas de crescimento e de conteúdo relativo de água e modificação na partição de massa e distribuição de nutrientes, além de aumento na razão raiz/parte aérea e da permeabilidade das membranas foliares, quando em presença de estresse hídrico e nutricional (SUN et al., 2011). Em estudo com plantas trepadeiras (*Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch.) cultivadas em função de regimes hídricos, WANG et al. (2010) concluíram que a espécie possui estratégias de aquisição de nutrientes adaptadas às condições a que foi submetida, além de ajuste de biomassa, alocação de nutrientes e eficiência no uso de nutrientes (N, P, K). Em milho, LI-PING et al., (2006) detectaram menor conteúdo relativo de água e maior condutividade foliar relativa (permeabilidade) em função de estresse hídrico severo.

Os teores de nutrientes presentes em tecidos vegetais são decorrentes das interações ambiente x genótipo e têm grande importância, pois o manejo que ocorre em função do seu conhecimento permite a otimização do uso dos nutrientes e a economia

de recursos financeiros (FERREIRA et al., 2008). Assim como o teor de nutrientes, seu acúmulo em folhas e frutos é considerado por LAVIOLA & DIAS (2008) imprescindível para conhecer as exigências nutricionais das plantas, além de prever as quantidades retiradas do solo por exportação pelas culturas, indicando as necessidades de reposição. O acúmulo de nutrientes em cada parte da planta ou planta toda é definido como o produto entre o teor do nutriente e a respectiva massa seca (FAGERIA, 1998).

Com base nos acúmulos de cada nutriente e na produção (massa seca e/ou frutos), a eficiência fisiológica (ou biológica) na utilização de nutrientes pode ser definida como a razão entre a produção obtida por unidade de nutriente acumulado (FAGERIA, 1998). São vários os fatores que influenciam a eficiência nutricional de uma planta, tais como, temperatura, radiação solar, solo, variabilidade genética e a disponibilidade de água, esta última, considerada por FAGERIA (1998) como o principal fator restritivo tanto à produção quanto à eficiência.

Sob o aspecto da absorção pela planta, ainda não existem relatos científicos da necessidade nutricional da OPN. Mas, de forma geral, o crescimento de uma planta cessa se qualquer um dos nutrientes essenciais para ela venha a faltar, embora muitas plantas tenham a capacidade de acúmulo de nutrientes em concentrações superiores à sua necessidade (BENINCASA & LEITE, 2004).

2.10 Nutrientes em alimentos: composição centesimal

Os vegetais têm seu crescimento e manutenção dependentes fundamentalmente da absorção de água, nutrientes e CO₂ (item 2.7). Posteriormente, esses vegetais tornam-se fonte de nutrientes para o homem, quando este os consome. Logo, a nutrição de plantas é tida por FAÇANHA et al. (2008) como área interdisciplinar, além dos limites da fisiologia e da química do solo, sendo também necessário conhecer a disponibilidade dos nutrientes para o consumo humano, que pode ser quantificada através da composição centesimal.

A composição centesimal de um alimento tem importância por fornecer

informações acerca dos nutrientes básicos para alimentação, definida como “a proporção em que aparecem, em 100 g de produto considerado, grupos homogêneos de substâncias que compõem o alimento” e pode ser expressa tanto em relação à matéria seca (ou base seca) quanto ao alimento integral. Os grupos homogêneos de substâncias são expressos como: umidade (105 °C), cinzas ou resíduo mineral fixo, lipídeos, proteína bruta, fibras e carboidratos (CARVALHO & JONG, 2002). ETTINGER (2005) considera os carboidratos, lipídeos e proteínas como macronutrientes em alimentos, e PALLAORO (1997) inclui água e fibras na mesma classe.

A partir da composição centesimal é possível determinar, por cálculo, o valor energético do alimento (CARVALHO & JONG, 2002; MERRILL & WATT, 1973) e é considerado muito útil na caracterização de um alimento *in natura*, principalmente para aqueles ainda desconhecidos (CECCHI, 2007).

A umidade é uma das medidas mais importantes na análise de alimentos visto que pode influenciar tanto a estocagem quanto a embalagem e o processamento do alimento CECCHI (2007). O teor de água nos alimentos é muito variável, mas considerando-se apenas os vegetais folhosos, o teor de água será normalmente entre 85 e 90%, mas pode ser maior, conforme sua variedade (JAN et al., 2011; BANGASH et al., 2011; ODHAV et al., 2007; OHSE et al., 2001).

As cinzas representam o conteúdo de minerais presentes em determinado alimento após a queima da matéria orgânica (CARVALHO & JONG, 2002; CECCHI, 2007; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). As cinzas obtidas de uma amostra não possuem, necessariamente, a mesma composição que os minerais originalmente no alimento, visto que durante a incineração podem ocorrer perdas por volatilização, além de interações entre os constituintes da amostra CECCHI (2007). Em vegetais frescos o teor médio de cinzas varia entre 0,4 e 2,1%, o que está entre os valores encontrados para as hortaliças folhosas taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) (PINTO et al., 2001); acelga (*Beta orientalis* L.), agrião (*Nasturtium officinale*), alface lisa (*Lactuca sativa* L.), brócolis (*Brassica oleracea* var *italica*), espinafre (*Tetragonia expansa*) (SALAZAR et al., 2006; NEPA/UNICAMP, 2008); beldroega (*Portulaca oleraceae*), espinafre (*Spinacea oleraceae*), mostarda (*Brassica campestris* - var *sarson*)

(BANGASH et al., 2011). Porém, destaca-se que entre os vegetais folhosos consumidos regionalmente ou não convencionais, há muitos que possuem teores de cinzas superiores à média apresentada (KINUPP & BARROS, 2008; ODHAV et al., 2007).

Nos alimentos vegetais, há grande variação no teor e na composição de minerais em função da espécie e também da composição do solo (PEREDA, 2005). KINUPP & BARROS (2008) em extenso estudo com plantas nativas brasileiras, destacam a presença de minerais em quantidades superiores a muitos vegetais convencionais e tabelas de composição de alimentos (FRANCO, 2002; NEPA/TACO, 2011; USP/TBCA, 2008) revelam que as hortaliças são potenciais fontes de nutrientes, minerais e orgânicos para alimentação humana (USP/TBCA, 1998; FRANCO, 2002; NEPA/TACO, 2011).

Os minerais podem ser considerados micronutrientes em alimentos em função da quantidade requerida diariamente e em sua maioria são considerados essenciais. Os minerais considerados biodisponíveis no organismo humano são aqueles que chegam ao intestino na forma iônica, como são absorvidos (excetuando-se o ferro, que pode ser absorvido mesmo na forma quelada) (ANDERSON, 2005).

As gorduras verdadeiras ou triglicerídeos são compostos orgânicos que não possuem nitrogênio em sua composição. São moléculas extraídas de tecidos vegetais e animais e não são poliméricas. São nutrientes de alto valor calórico, gerando a maior contribuição individual no valor energético dos alimentos. “Lipídeo” é um termo que inclui gorduras verdadeiras e também substâncias acompanhantes e por isso são incluídas nas extrações de lipídeos: ceras, álcoois, lipovitaminas, hidrocarbonetos, glicerofosfatídeos, esfingolipídeos, ácidos graxos e glicerídeos (MATISSEK et al., 1992). ETTINGER (2005) considera as “substâncias acompanhantes” como outros tipos de lipídeos, que podem apresentar nas cadeias bases nitrogenadas, como os lipídeos compostos (fosfolipídeos, glicolipídeos e lipoproteínas) e lipídeos variados (esteróis, vitaminas A, D, E, K, colesterol). CECCHI (2007) define lipídeos como substâncias presentes em alimentos que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos de baixa polaridade e destaca que os esteróis, ceras, pigmentos lipossolúveis e vitaminas podem ser extraídos apenas parcialmente.

O teor de lipídeos é variável de acordo com o tipo de alimento, sendo que as frutas e os vegetais folhosos estão entre os alimentos com os menores teores (0,1 – 1,2% da composição fresca) (CECCHI, 2007). ODHAV et al. (2007) determinaram em estudo com folhas alimentícias não convencionais apenas 3 entre 20 espécies teores de lipídeos maiores que 1,2%. Entre os vegetais folhosos crus citados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA/TACO, 2011) nenhum apresenta teor de lipídeos superior a 1,2%.

As proteínas são substâncias orgânicas nitrogenadas poliméricas de alta massa molecular, formadas pela combinação entre alguns dos 20 tipos de aminoácidos (ETTINGER, 2005; BOBBIO & BOBBIO, 2003), interligadas por ligações peptídicas e são tidas como um dos mais importantes constituintes dos alimentos, conferindo-lhes textura e propriedades organolépticas (CECCHI, 2007). O tipo de aminoácido presente na proteína é o fator determinante no seu valor nutritivo. Os aminoácidos podem ser divididos em essenciais (não produzidos pelo organismo humano, ingeridos apenas pela dieta) e não essenciais (aqueles que podem ser produzidos no organismo humano) (ETTINGER, 2005; ARAÚJO, 1999). A importância das proteínas está relacionada à sua presença nas células vivas, relacionadas às atividades biológicas vitais (CECCHI, 2007).

Os aminoácidos essenciais são determinantes no valor biológico da proteína, pois para essas substâncias, vale a lei do mínimo, ou seja, o aminoácido presente em menor quantidade limitará as sínteses dele derivadas (MATISSEK et al., 1992). Os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) são os limitantes em folhas OPN. Lisina e triptofano, que são os aminoácidos limitantes na proteína do milho, estão presentes em teores acima do padrão de referência da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (ALBUQUERQUE et al., 1991).

Entre vegetais, hortaliças e derivados *in natura* e crus, cujos teores de proteínas variam entre 0,5 e 2% em sua maioria, destacam-se os teores de proteína em caruru (*Amaranthus deflexus* L.) 3,2%, alho (*Allium sativum* L.) 7%, tremoço (*Lupinus albus* L.) 33,6% (NEPA/TACO, 2011) e mostarda (*Brassica campestris* var. *sarson*) 5% (BANGASH et al., 2011). No Brasil, KINUPP & BARROS (2008) destacam que há

muitas espécies subutilizadas, nas diversas partes das plantas, muitas das quais com teores de proteína expressivos. Para OPN, os teores de proteínas em folhas variam entre 9,6% (SILVA et al., 2010) e 30,1% (MAGALHÃES et al., 2011). Segundo ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA (1974) cerca de 85% de toda proteína nas folhas da OPN são digestíveis e podem ser aproveitadas pelo organismo humano.

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia para o homem. São obtidos na natureza como produto da fotossíntese e podem ser definidos como polihidroxialdeídos, polihidroxicetonas, polihidroxiálcoois, polihidroxiácidos e seus derivados simples e polímeros desses compostos unidos por ligações hemiacetálicas (BOBBIO & BOBBIO, 2003). Os carboidratos podem ainda ser subdivididos em grupos por complexidade, sendo os mais simples os monossacarídeos, seguidos pelos dissacarídeos, oligossacarídeos, e polissacarídeos (incluindo amido e fibras). Eles podem diferir muito quanto à velocidade de absorção no organismo humano, assim como na textura e doçura (ETTINGER, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e descrição da área experimental

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação com 27,20 m de comprimento, 3,80 m de largura, 2,60 m de pé direito e 3,70 m de altura da cumeeira, localizada no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), câmpus Uberlândia, que está localizado na Zona Rural do município de Uberlândia, MG. As coordenadas geográficas do local são: altitude de 633 m, latitude de 18°45'47,9" S e longitude de 48°17'20,1" W.

A estrutura era coberta com filme de polietileno de 150 µm de espessura e 75% de transparência, no teto e na lateral de divisória interna. As laterais externas eram fechadas com tela de sombrite de 50% de interceptação da luminosidade. No interior havia quatro bancadas de 24,20 m de comprimento e 0,60 m de largura, sendo duas mais próximas da parede divisória lateral, separada desta de 0,40 m, sobre as quais foram distribuídos os vasos com as plantas de Ora-pro-nóbis, e as outras duas estavam mais próximas da parede lateral mais externa, separada desta de 0,40 m. Separando os dois pares de bancadas havia um corredor central de 0,60 m de largura.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, sendo que cada repetição (parcela) era composta por duas plantas, uma por vaso, totalizando 48 vasos, os quais serão descritos no item 3.4. Os 48 vasos foram dispostos aleatoriamente sobre uma bancada de madeira, em duas fileiras paralelas, separados longitudinalmente de 15 cm e lateralmente de 10 cm.

Os tratamentos a que as plantas foram submetidas corresponderam a limites inferiores de potencial mátrico do solo em torno de -10 kPa, -30 kPa, -50 kPa e -70 kPa.

3.3 Escolha e preparo das estacas, formação e preparo das mudas

As mudas utilizadas no experimento foram formadas a partir do plantio de estacas uniformes em comprimento (20 cm) e espessura (entre 8 e 9 mm de diâmetro), obtidas de ramos maduros de uma única planta matriz adulta, sadia, localizada na região metropolitana de Uberlândia (Figura 3), da qual foram coletados ramos e frutos que foram encaminhados para registro da planta no Herbário Uberlandense – Universidade Federal de Uberlândia, sob número 55.887. Fotografias das flores foram posteriormente enviadas para a Dra. Maria de Fátima Freitas, especialista em Biologia Vegetal do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que confirmou que se tratava da *Pereskia aculeata* Miller.



Figura 3. Aspectos da planta matriz: A – em florescimento; B – aspecto vegetativo.

Para a formação das mudas, foram selecionadas 300 estacas entre as coletadas da planta matriz, em 02 de fevereiro de 2010, e plantadas em substrato comercial Bioplant®, em recipientes de plástico de 1 L, no dia 06 de fevereiro de 2010. Essas estacas foram mantidas juntas, sob tela de sombrite com 50% de sombreamento e irrigadas diariamente, uma vez por dia, durante 30 a 40 minutos, com um aspersor de jardim instalado no centro do conjunto de estacas, nos dias em que não choveu. Após 7 dias do plantio das estacas os primeiros brotos já haviam surgido e, aos 28 dias, foram selecionadas para transferência aos vasos (transplântio), 150 mudas que, visualmente, se apresentavam mais vigorosas e com pelo menos duas brotações novas.

Antes do transplântio, as mudas com o substrato comercial foram retiradas dos vasos, imersas em água para que o substrato se separasse das raízes com o mínimo de dano e acondicionadas em sacos de plástico (Figura 4). Cada muda teve suas raízes parcialmente cortadas, em cerca de 50%, antes da transferência para o cultivo.



Figura 4. Preparação das mudas para o transplântio: A – retirada do recipiente sem danificar o sistema radicular das mudas; B – aspecto das raízes após retirada do substrato; C – proteção das raízes com saco de plástico para evitar o ressecamento das raízes.

3.4 Preparo do substrato e dos vasos para o transplântio

O substrato para cultivo foi preparado antes do transplântio, a partir da mistura entre solo, areia e esterco curtido de bovino na proporção, em volume, de 60%, 30% e 10%, respectivamente, preparado entre os dias 11 e 28 de janeiro de 2010.

O solo para compor o substrato foi obtido em área do IFTM – câmpus Uberlândia, da camada entre 0 e 20 cm de profundidade, em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) (EMBRAPA, 2006). O solo foi peneirado ainda úmido em tela de malha de 12,2 mm para retirada de resíduos de plantas e dos maiores torrões. Depois de peneirado foi esparramado em área coberta para secagem à sombra. O processo de secagem durou 5 dias. Após a secagem, o solo foi peneirado em tela de malha de 4 mm. A partir do solo seco retirou-se uma amostra composta de um conjunto de 10 amostras coletadas aleatoriamente da massa total de solo, para análise granulométrica (teores de argila, silte e areia) e química (pH, teores dos

macronutrientes (P, K, Mg e Ca), capacidade de troca catiônica - CTC, saturação por bases - V%, saturação por alumínio - m e teor de matéria orgânica - MO) no Laboratório de Análise de Solos e Adubos da Universidade Federal de Uberlândia. Também foi tomada uma amostra de solo de volume conhecido (500 mL) da qual se determinou a massa, obtendo-se a densidade do solo, com a qual foi calculada a massa necessária de solo para compor 60% em volume da mistura em cada vaso. A capacidade do vaso foi igual a 11,9 L.

A areia de granulometria média, obtida no comércio local, foi passada em peneira de malha 4 mm para uniformização. Depois de peneirada foi lavada com água corrente para eliminação de resíduos. Para o processo de lavagem da areia, foi usada tela de malha de 0,6 mm de diâmetro acondicionada no fundo de caixas de polietileno para que a água pudesse passar de forma contínua através da areia colocada dentro dessas caixas. Após a lavagem, a areia foi posta para secar sobre lona de plástico, em área coberta, e revolvida várias vezes ao dia para que secasse. O processo de secagem durou 10 dias. Após a secagem, foi determinada a densidade da areia aplicando-se a mesma metodologia descrita para o solo, com a qual se calculou a massa de areia correspondente a 30% do volume do vaso. O esterco de bovino foi obtido no IFTM câmpus Uberlândia, já seco e curtido. Cerca de 1 m³ de esterco foi peneirado em peneira de malha 4 mm. A partir da amostra peneirada, determinou-se a densidade e a massa correspondente a 10% do volume do vaso.

As determinações de densidade para as amostras de solo, areia e esterco foram feitas em triplicata, com a utilização de balança digital de 0,01 g de resolução. Tomou-se como resultado a média de cada determinação.

Para cada vaso, as partes de solo, areia e esterco foram acondicionadas separadamente em sacos de plástico.

Após o preparo das partes e com base na análise química da terra, determinou-se a necessidade de calagem para que a saturação por bases da terra (V) fosse elevada a 70%. Embora não se encontre na literatura especializada recomendação para adubação de plantas de Ora-pro-nóbis, a adubação mineral para o transplântio foi baseada na quantidade por cova de adubo da fórmula 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) utilizada

por COSTA et al. (2008) em experimento com Ora-pro-nóbis, conduzido fora de casa de vegetação e diretamente no solo. Para isso, calculou-se o volume de solo da cova, segundo as informações do referido trabalho, e a quantidade do adubo utilizada foi calculada proporcionalmente ao volume do vaso que foi utilizado, o que resultou em 50 g de adubo por vaso (PARANAHIBA[®]). Tanto o calcário (CALMAG[®], 53% de CaO e 2% de MgO, poder relativo de neutralização total (PRNT) de 93,8%) quanto o adubo foram pesados individualmente em balança analítica Shimadzu[®], com resolução de 0,0001 g.

A homogeneização da mistura para o transplântio (solo + areia + esterco + calcário + adubo), chamado de substrato, foi executada em sacos individuais de plástico (30 L). Misturou-se o solo com o calcário e o adubo e agitou-se o recipiente por 20 vezes. Acrescentou-se a areia e o esterco e agitou-se mais 20 vezes. Para todos os sacos, procedeu-se de maneira semelhante.

Os vasos de polietileno (25,6 cm de altura, 27,8 cm de diâmetro superior e 20,7 cm de diâmetro inferior) antes de receberem o substrato, foram preparados colocando-se, no interior dos mesmos, sobre os orifícios de drenagem no fundo dos vasos, uma tela de náilon de malha de 2,5 mm. Sobre essa tela foi disposta uma camada de pedra brita número zero, previamente lavada e seca, em quantidade fixa de 700 g por vaso. Sobre a brita foi colocado novo pedaço da mesma tela, completando o conjunto de drenagem sobre o qual foi colocado o substrato. A massa final do conjunto vaso + substrato + conjunto de drenagem foi de 14,5 kg para todos os vasos. Descontado o volume ocupado pelo sistema de drenagem, o volume ocupado só pelo substrato foi de 10,15 L.

Com os vasos cheios com o substrato, procedeu-se à determinação experimental da sua capacidade máxima de retenção de água, em três vasos escolhidos aleatoriamente. Para isso, cada um por sua vez, os vasos foram colocados sobre uma balança com capacidade máxima de 20 kg e resolução de 5 g para a determinação da massa total do vaso antes da adição de água. Depois de pesados os vasos foram colocados sobre a bancada e tiveram a superfície do substrato coberta com papel de filtro para que a água adicionada fosse distribuída uniformemente sobre toda a

superfície do papel de filtro e, passando através dela, infiltrasse no substrato da forma mais homogênea possível, sem formar buracos. Tal procedimento foi também para minimizar a ocorrência de infiltração preferencial pelas laterais do vaso, na interface de contato entre a parede interna deste (lisa) e o substrato (rugoso). Após, cada vaso recebeu água que foi distribuída gradativamente com a proveta, em toda a superfície coberta com o papel de filtro, até que se verificasse, através do orifício inferior do vaso, o início de drenagem do excesso, momento em que se encerrava o fornecimento de água. Iniciada a drenagem, aguardava-se que esta parasse completamente, o que levou um tempo médio de 10 minutos, para que se procedesse, então, à nova pesagem do vaso. Por diferença entre as pesagens, anterior e posterior à adição de água, foi determinada a massa de água adicionada que ficou retida no substrato do vaso. A massa média de água retida foi de 3950 g, massa essa que foi então adicionada em todos os demais vasos seguindo os mesmos cuidados.

Retirado o papel de filtro, cada vaso foi, então, coberto com saco de polietileno branco, fixado por elástico, para realização do processo de incubação (reação do calcário com o substrato). Em cada saco foram colocados dois tubos de plástico de pequeno diâmetro (aproximadamente 0,5 cm) para garantir a troca gasosa entre a superfície do substrato e o ambiente externo. A incubação durou 10 dias e ocorreu entre os dias 23 de fevereiro e 5 de março de 2010 (Figura 5).

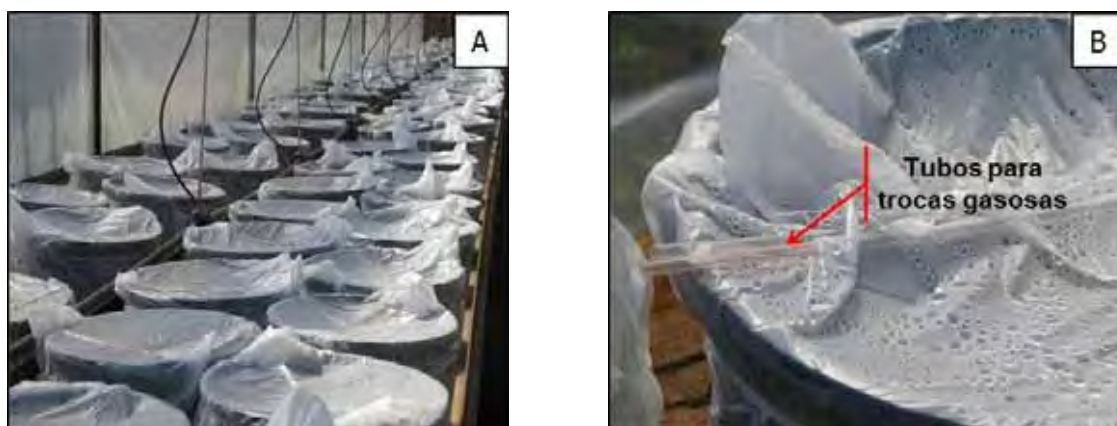


Figura 5. Fase de incubação do substrato nos vasos: A – vista geral dos vasos cobertos com os sacos de plástico; B – Detalhe dos tubos de plástico inseridos nos sacos de plástico para troca gasosa do solo com o ambiente externo.

Os dados da condição inicial do substrato para o transplântio após a incubação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física do substrato após a incubação.

	pH (água)	^a P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB
		----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----			
Substrato	6,6	27,7	430	3,3	1,2	0	2,3	5,6
	^b CTC	^c CTC	V	^d m	^e MO	Argila	Silte	Areia grossa Areia fina
			----- % -----			----- g kg ⁻¹ -----		
Substrato	5,60	7,90	71	0	2,6	440	91	423 45

^aMehlich; ^bEfetiva; ^cpH 7,0; ^dSaturação em alumínio; ^eMatéria orgânica.

Em 6 de março de 2010, foram feitos orifícios no centro dos vasos, na superfície do substrato, de 10 cm de profundidade por 2,5 cm de diâmetro, aproximadamente, nos quais cada muda foi cuidadosamente colocada sem prejuízo para as raízes. O substrato retirado do buraco foi ali rearranjado após a introdução da muda. Em seguida, todos os vasos tiveram a superfície total do substrato coberta com papel de filtro, e foram irrigados com 110 mL de água.

A partir do transplântio, as mudas foram observadas diariamente até que apresentassem sinais de pegamento, com emissão de novas brotações, o que aconteceu até o 13^o dia após o transplântio (13 DAT). Nesse período, as mudas foram regadas a cada dois dias, com quantidades de 110 mL e 200 mL de água, alternadamente (Figura 6).



Figura 6. Aspecto das mudas após o transplântio para os vasos: A – muda recém transplantada; B – disposição dos vasos na bancada com as mudas recém transplantadas; C – vasos com a superfície do substrato coberta com papel de filtro e as mudas após a irrigação.

No 14^o DAT (20-03-2010) foram retirados de cada muda, os brotos e galhos menos vigorosos, deixando-se apenas um galho, o mais vigoroso (Figura 7). Nessa data foram registradas as medidas iniciais das mudas, como comprimento do galho, número de folhas e diâmetro médio do colo da estaca a 2 cm da superfície do solo obtido de duas medidas transversais com paquímetro de resolução de 0,1 mm (Tabela 2).

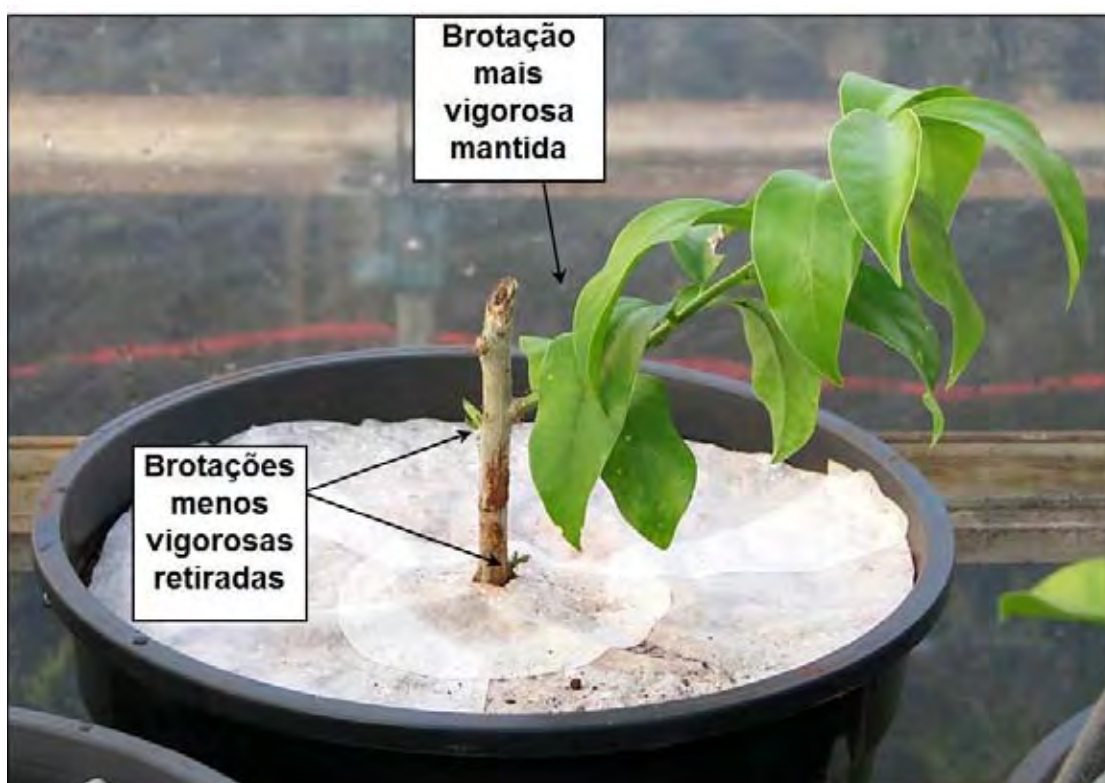


Figura 7. Detalhe da muda após a remoção dos brotos menos vigorosos no 14^o dia após o transplantio

Não houve diferença significativa entre as mudas em nenhum parâmetro avaliado o que representa condição homogênea em número de folhas, comprimento do galho e diâmetro das estacas para o início da diferenciação na oferta de água.

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão e resumo das análises de variância para número de folhas, comprimento do único galho após a poda inicial e diâmetro do colo das estacas em plantas de Ora-pro-nóbis aos 14 dias após o transplante das mudas, antes da aplicação dos tratamentos.

Potencial mátrico (kPa)	Número de folhas (unidades)		Comprimento do galho (cm)	Diâmetro do colo das estacas (mm)
	Não transf.	^b Transf.	Não transf	Não transf.
-10	13,58 $\pm$ 2,63	3,67 $\pm$ 0,35	14,58 $\pm$ 2,59	9,15 $\pm$ 0,30
-30	15,17 $\pm$ 2,79	3,88 $\pm$ 0,37	17,38 $\pm$ 4,23	9,62 $\pm$ 0,26
-50	15,50 $\pm$ 2,27	3,93 $\pm$ 0,32	16,03 $\pm$ 3,63	9,30 $\pm$ 0,44
-70	15,08 $\pm$ 1,81	3,88 $\pm$ 0,25	16,50 $\pm$ 2,72	9,34 $\pm$ 0,62
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio		
Tratamento	3	-	0,0777 ^{NS}	8,2783 ^{NS}
Resíduo	20	-	0,1063	12,4022
Total	23	-	-	-
^d CV (%)	-	8,49	21,82	4,91

^aGraus de liberdade; ^bDados transformados por $\sqrt{x+\alpha}$ ($\alpha = 0$); ^cMedido a dois centímetros acima da superfície do substrato; ^dCoeficiente de variação; ^{NS}Não significativo estatisticamente pelo teste F; R. – Regressão.

3.5 Instalação dos tensiômetros, avaliação do potencial mátrico e manejo da irrigação

A avaliação do potencial mátrico do substrato foi feita diariamente, pela manhã, em três vasos de cada tratamento. Para isso, em 21-03-2010, os tubos tensiométricos (tensiômetros) foram imersos em água para que ocorresse a saturação completa das cápsulas porosas e, em 23-03-2010, 3 dias antes do início da diferenciação dos tratamentos, foram instalados em 3 vasos sorteados de cada tratamento. A instalação foi feita abrindo-se no substrato, a 10 cm da muda, com um tubo de PVC de mesmo diâmetro do tubo tensiométrico, um orifício de 12,5 cm de profundidade, de forma que o centro da cápsula microporosa do tensiômetro ficou à profundidade de 10,0 cm, correspondente à metade da altura de substrato no vaso.

A partir da diferenciação dos tratamentos, em 26-03-2010, as medições do potencial mátrico foram efetuadas com um tensímetro de punção, digital, com fundo de escala de -97,0 kPa e resolução de -0,01 kPa, e previamente calibrado em laboratório

em comparação a um manômetro de coluna de mercúrio (Figura 8). As leituras nos tensímetros foram corrigidas para a obtenção do potencial mátrico no centro da cápsula aplicando-se a expressão (1):

$$\psi = L + 3,34 \quad (1)$$

Em que: ψ – potencial mátrico do substrato no centro da cápsula do tensiômetro, kPa; L – leitura no visor do tensímetro (valor negativo), kPa; 3,34 – pressão correspondente à altura de coluna de água de 0,34 m existente no interior do tensiômetro desde a posição de inserção do tensímetro de punção até o centro da cápsula, kPa.

A irrigação de todos os 12 vasos de cada tratamento foi feita sempre que a média dos 3 tensiômetros do tratamento indicasse valor próximo ao do limite inferior característico do tratamento. Para a determinação do volume médio de água a ser aplicado por vaso de cada tratamento, estabeleceu-se um limite superior de potencial mátrico de -5 kPa (60% da saturação do substrato) para todos os tratamentos.

Essa determinação foi feita com base na curva característica de retenção de água pelo substrato, obtida com a média de 3 amostras compostas do substrato retiradas de uma parte do substrato de cada vaso, misturadas e homogeneizadas. Essas amostras foram levadas ao Laboratório de Física de Solo do IFTM, câmpus Uberaba, onde foram submetidas à mesa de tensão e câmara de pressão de Richards para obtenção dos valores da umidade volumétrica do substrato para potenciais mátricos entre 0 kPa (saturação) e -1500 kPa (ponto de murchamento permanente). Com base nos valores das umidades (θ) determinadas para os potenciais mátricos (Ψ) de 0; -2; -4; -6; -10; -33; -100; -500; -1000 e -1500 kPa, ajustou-se aos pares de dados (θ , ψ) o modelo proposto por GENUCHTEN (1980) (Equação 2).

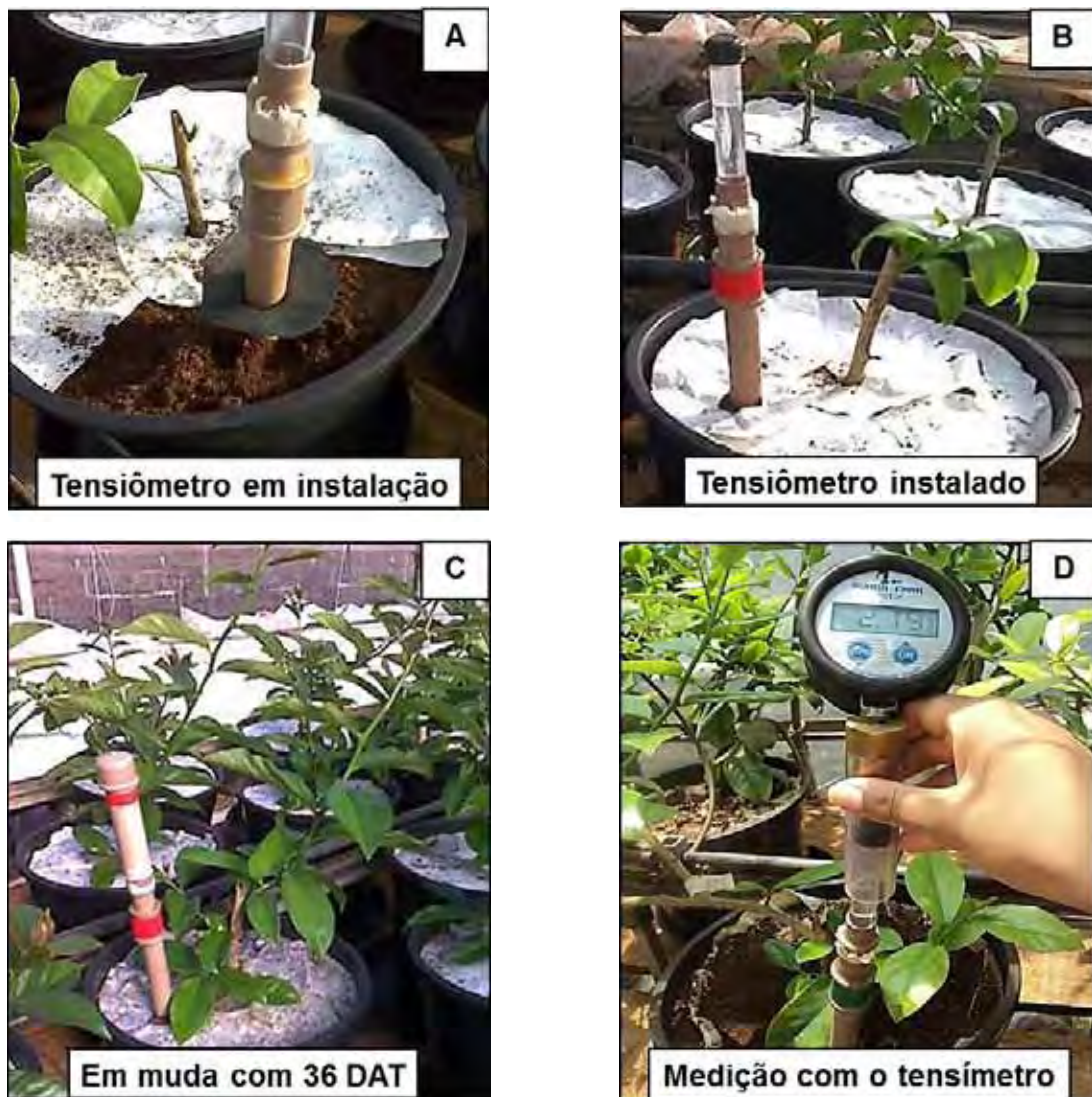


Figura 8. Detalhes dos tensiômetros nos vasos: A – em processo final de instalação aos 17 dias após o transplântio; B – recém instalado e já preenchido com água destilada aos 17 dias após o transplântio; C – instalado e já em funcionamento aos 36 dias após o transplântio; D – medição com o tensímetro digital de punção.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha |\psi|)^n]^m} \quad (2)$$

Em que: θ - umidade do solo para um determinado valor de potencial mátrico do substrato ψ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_s - umidade do substrato na saturação, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; θ_r - umidade residual do substrato, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; $|\psi|$ - módulo do valor do potencial mátrico do substrato;

kPa; α (kPa^{-1}), n , m - parâmetros de ajuste do modelo.

Com os parâmetros característicos do modelo (Tabela 3) obtidos por meio do programa SWRC (DOURADO-NETO et al., 2000) aplicados à equação (2) foi possível estimar a umidade do substrato para qualquer valor de potencial mátrico entre 0 e -80 kPa, valores esses que são os limites de leitura do tensiômetro, e construir a representação gráfica da curva característica de retenção de água pelo substrato (Figura 9).

Tabela 3. Parâmetros da equação de Genuchten (1980) e umidade calculada para os potenciais mátricos do substrato referentes aos tratamentos.

Parâmetros do modelo					Potencial mátrico (kPa)				
θ_r	θ_s	α	n	m	-5 ^(a)	-10 ^(b)	-30 ^(b)	-50 ^(b)	-70 ^(b)
($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	(kPa^{-1})			θ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)				
0,225	0,617	0,3663	2,1308	0,6249	0,375	0,292	0,241	0,233	0,231

θ_r – umidade volumétrica residual ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_s – umidade volumétrica na saturação ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); α , n e m – parâmetros de ajuste do modelo; ^(a) - Potencial mátrico do substrato para o qual foram calculados os volumes de água necessários a partir dos potenciais mátricos de cada tratamento; ^(b) – Potenciais mátricos do substrato de cada tratamento.

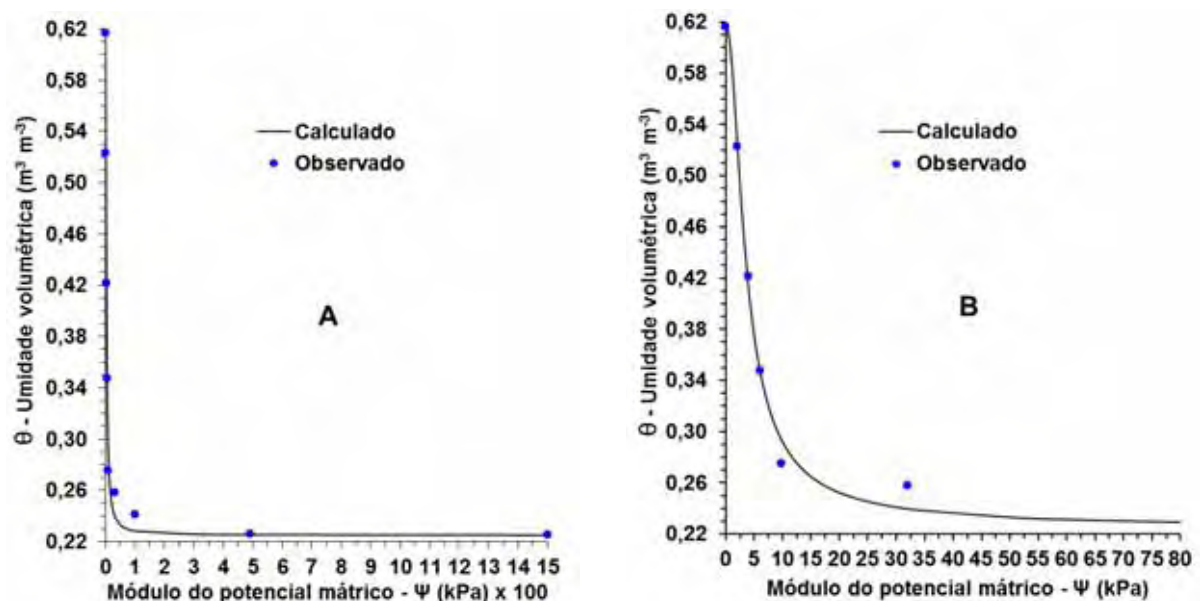


Figura 9. A - Curva característica de retenção de água pelo substrato entre 0 e -1500 kPa elaborada aplicando-se à expressão (2) os parâmetros apresentados na Tabela 2; B – Trecho da mesma curva restrito ao intervalo de potenciais possíveis de serem medidos pelo tensiômetro (0 a -80 kPa).

Considerando que o volume de substrato em cada vaso, após acomodação, foi de 10,15 L, o volume médio de água a ser aplicado em cada vaso, por tratamento, foi calculado de acordo com a expressão (3):

$$V = (\theta_{-5} - \theta_c) 10,15 \quad (3)$$

Em que: V – volume de água a ser aplicado por vaso em cada irrigação, L; θ_{-5} – umidade volumétrica do substrato para o limite superior do potencial mátrico (-5 kPa, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_c – umidade crítica correspondente ao valor médio do potencial mátrico em três tensiômetros de cada tratamento quando esse valor era próximo ao do limite inferior do potencial mátrico de cada tratamento, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 10,15 – volume do vaso ocupado pelo substrato, L.

3.6 Condução do experimento

A diferenciação entre os volumes aplicados foi iniciada em 26 de março de 2010, após acréscimo, no dia anterior, de 2250 mL de água, quantidade máxima que o substrato pôde reter naquele momento.

Com o crescimento rápido apresentado pela planta, fez-se necessário amarrar seus galhos a suportes laterais para que os mesmos não avançassem lateralmente tomando os corredores da estufa. O processo de amarrar foi feito nos dias 08 e 09 de maio de 2010 com ajustes posteriores toda vez que foi necessário.

Como forma de ajuste aos volumes aplicados nos tratamentos, estabeleceu-se um parâmetro denominado “volume mínimo” para irrigação de cada tratamento. Para o tratamento -10 kPa, 800 mL; para -30 kPa, 1100 mL; para -50 kPa, 1300 mL; para -70 kPa, 1350 mL. Esses volumes foram aplicados aos vasos, a partir de 9 de junho de 2010, toda vez que o volume determinado matematicamente para irrigação de um tratamento foi inferior ao mínimo.

3.7 Análises micromorfométricas em folhas

As análises micromorfométricas realizadas nas folhas foram: contagem de células estomáticas (CEST), contagem de células epidérmicas (CEPI), Índice estomático (IE) e Densidade estomática (DE). Para isso, aos 130 DAT foram retiradas quatro folhas de cada planta, cuja altura estivesse entre 60 e 100 cm a partir da base de uma brotação da estaca. Duas folhas foram retiradas de área mais sombreada por outras folhas e as outras duas folhas em região mais exposta ao sol. As folhas foram armazenadas em saco de plástico, mantidas sob refrigeração (entre 5 e 10 °C) e analisadas em seguida. Essas análises foram realizadas utilizando-se microscópio óptico binocular EasyPath®, com três lentes de aumento, ocular (ampliação 10x), lentes de campo (1x) e objetiva (40x), totalizando a ampliação das imagens em 400 vezes. Cada imagem obtida foi registrada em câmara Sony® com lentes de 28 mm.

As lâminas paradérmicas (paralelas à superfície foliar) foram preparadas manualmente através de cortes paralelos à superfície da folha com lâminas de aço inoxidável, que foram lavados com etanol 70% e corados com solução alcóolica de safranina a 1%. O procedimento foi feito tanto na face superior (adaxial) quanto na face inferior (abaxial), na região mediana da folha. Em cada face foram registradas pelo menos duas fotografias de campos visuais distintos.

Utilizou-se o programa livre ANATQUANTI (AGUIAR et al., 2007) para as contagens de células estomáticas (CEST) e de células epidérmicas (CEPI), a partir das quais foi determinado o Índice estomático (IE) (CUTTER, 1978 citado por AGUIAR et al., 2007) e a densidade estomática (DE) das folhas de OPN, de acordo com as Equações 4 e 5:

$$IE (\%) = \frac{CEST}{CEPI+CEST} \times 100 \quad (4)$$

$$DE (\text{Estômatos mm}^{-2}) = \frac{CEST}{\text{área}_{\text{total}}} \quad (5)$$

Em que a área total corresponde à área total do campo visual do microscópio para o aumento de 400x (0,15904 mm²).

As razões entre as faces superior e inferior para células epidérmicas (RCEPI), para o Índice Estomático (RIE) e para a Densidade Estomática (RDE) foram determinadas com as Equações 6, 7 e 8:

$$RCEPI = \frac{CEPI_{superior}}{CEPI_{inferior}} \quad (6)$$

$$RIE = \frac{IE_{superior}}{IE_{inferior}} \quad (7)$$

$$RDE = \frac{DE_{superior}}{DE_{inferior}} \quad (8)$$

3.8 Determinação da área foliar e das massas das partes e da planta toda

Aos 140 DAT, final do experimento, as 48 plantas (Figura 10, A) foram retiradas dos vasos e separadas em raízes, caules (caule principal + ramos) e folhas. Os caules foram fracionados em pedaços menores para facilitar a posterior secagem em estufa.

Para determinação da área foliar, fez-se o registro da imagem de 20 folhas frescas íntegras por planta, limbo foliar e pecíolo, em *scanner* HP-G2410, no modo de resolução 100 DPI (“dots per inch” – pontos por polegada). Para esse conjunto de folhas determinou-se também, separadamente, a massa fresca e seca.

Com o uso do programa livre ImageJ (RASBAND, 1997-2011; ABRAMOFF et al., 2004; BAUERMANN, 2009) as imagens foram processadas e registrados os dados foliares de área, com os quais, por proporcionalidade com a massa seca de 20 folhas por planta e a massa seca total das folhas da mesma planta, determinou-se a área foliar total das plantas (Equação 9) (BENINCASA, 2003).

$$AFT = \frac{AF_{20f}}{MS_{20f}} MSF \quad (9)$$

Em que: AFT – área foliar total, cm²; AF_{20f} - Área foliar da amostra de 20 folhas imageadas da planta, cm²; MS_{20f} - Massa seca das mesmas 20 folhas imageadas, g; MSF - Massa seca total de folhas da mesma planta, g.

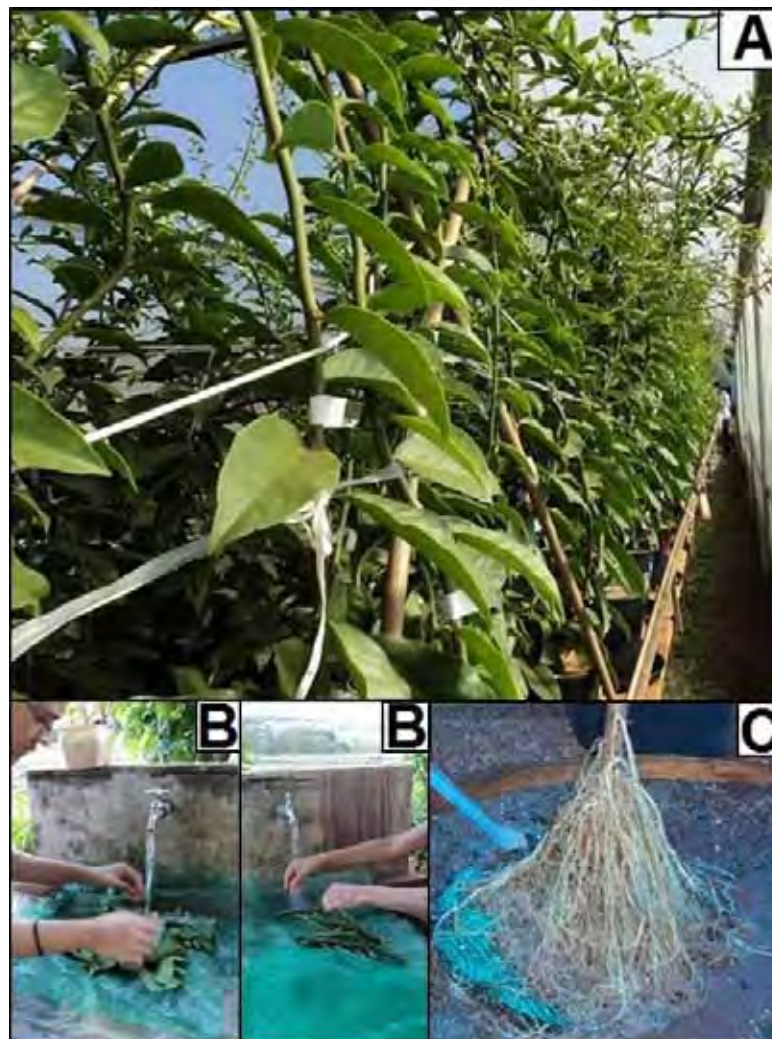


Figura 10. Detalhes das plantas aos 140 dias após o transplântio: A – aspecto das plantas ainda nos vasos; B – lavagem em água corrente de folhas e caules; C – lavagem em água corrente de raízes.

Para determinação das massas frescas, as folhas e os caules de cada planta

foram pesados em balança digital GEHAKA® com precisão de 0,1 g, logo em seguida ao corte. Após a pesagem foram lavados em água corrente, sanitizados com solução aquosa de hipoclorito de sódio (0,5%) e lavados novamente em água corrente. As folhas e caules foram secos com papel absorvente e levados para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até massa constante. Nova pesagem foi realizada para determinação da massa seca de folhas (MSF) e de caules (MSC). As raízes foram retiradas dos vasos junto com o substrato e foram lavadas em água corrente sobre tela de náilon até que ficassem visualmente isentas de substrato. Elas foram secas ao ar, sobre tela, por um período de seis horas. Foram então pesadas para determinação de massa fresca e foram submetidas à secagem em estufa sob as mesmas condições das folhas e dos galhos, até massa constante. Após a secagem foram novamente pesadas para obtenção da massa seca de raízes (MSR).

3.8.1 Determinações a partir das massas de plantas

A partir das massas secas (MS) e/ou frescas (MF) de raízes (R), caules (C) e folhas (F) das plantas foram determinadas:

- Umidade a 65 °C (raízes, caules e folhas) - Equação 10

$$\text{Umidade (65 °C)(\%)} = \frac{\text{MF} - \text{MS}_{65\text{ °C}}}{\text{MF}} \times 100 \quad (10)$$

- Massa seca da parte aérea (MSA) = (MSF + MSC)
- Massa seca da planta toda (MST) = (MSF + MSC + MSR)
- Razão de massa foliar (RMF) - Equação 11

$$\text{RMF} = \frac{\text{MSF}}{\text{MST}} \quad (11)$$

- Razão de massa caulinar (RMC) - Equação 12

$$\text{RMC} = \frac{\text{MSC}}{\text{MST}} \quad (12)$$

- Razão de massa radicular (RMR) - Equação 13

$$\text{RMR} = \frac{\text{MSR}}{\text{MST}} \quad (13)$$

- Razão de massa da parte aérea (RMA) - Equação 14

$$\text{RMA} = \frac{\text{MSA}}{\text{MST}} \quad (14)$$

- Razão de massa de folha por massa de caule (RFC) - Equação 15

$$\text{RFC} = \frac{\text{MSF}}{\text{MSC}} \quad (15)$$

- Razão de massa de folha por massa de raiz (RFR) - Equação 16

$$\text{RFR} = \frac{\text{MSF}}{\text{MSR}} \quad (16)$$

- Razão massa de caule por massa de raiz (RCR) - Equação 17

$$\text{RCR} = \frac{\text{MSC}}{\text{MSR}} \quad (17)$$

- Eficiência de uso da água (EUA) - Equação 18 (SHIMIDHALTER & STUDER, 1998; KRAMER, 1995).

$$\text{EUA} = \frac{\text{MST}}{\text{VTAV}} \quad (18)$$

Em que: VTAV é o volume total médio de água aplicado por vaso de cada tratamento desde o transplântio das mudas até 140 DAT; L.

3.8.2 Determinações a partir da área foliar e massas secas

Com os dados de área foliar total, massa seca de planta toda e de folhas foram obtidas as razões de área foliar e área foliar específica, de acordo com BENINCASA (2003) (Equações 19 e 20).

- Razão de área foliar (RAF)

$$\text{RAF} = \frac{\text{AFT}}{\text{MST}} \quad (19)$$

- Área foliar específica (AFE)

$$AFE = \frac{AFT}{MSF} \quad (20)$$

Da expressão (20) verifica-se que a AFT também pode ser expressa pelo produto da AFE pela MSF:

$$AFT = AFE \times MSF \quad (21)$$

Substituindo em (20) a equação (9) verifica-se que a AFE pode também ser expressa por:

$$AFE = \frac{AF_{20f}}{MS_{20f}} \times \frac{MSF}{MSF} = \frac{AF_{20f}}{MS_{20f}} \quad (22)$$

3.9 Determinação do teor e acúmulo de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S

As determinações dos teores de macronutrientes foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Uberlândia de acordo com métodos e equipamentos descritos nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Tipos de digestão e extração para os macronutrientes analisados nas folhas, caules e raízes.

Tipo de Digestão	Extração (extrator)	Nutriente presente no extrato
Ácida quente	Nitro-perclórica	K, P, S, Ca, Mg
Ácida quente	Ácido sulfúrico	N

Quadro 2: Equipamentos utilizados para quantificação dos nutrientes nas folhas, caules e raízes.

Determinação analítica	Nutriente quantificado
Espectrofotometria por absorção atômica	Ca e Mg
Espectrofotometria ótica	P e S
Destilador Kjeldahl	N
Fotometria de chama	K

As análises de nutrientes foram executadas contra uma amostra padrão, para todas as repetições de folhas, caules e raízes, de acordo com metodologia descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009).

Determinou-se o acúmulo de nutrientes em raízes, caules e folhas, em base seca a 65 °C, de acordo com a Equação 23 (FAGERIA, 1998).

$$\text{Acúmulo} = \text{Teor} \times \text{MS} \quad (23)$$

Em que: Teor de macronutrientes; mg g^{-1} (base seca a 65 °C); MS - Massa seca: de folhas (MSF), ou de caules (MSC), ou de raízes (MSR), ou da parte aérea (MSA), ou da planta toda (MST); g (65 °C).

A partir dos dados de acúmulo de nutrientes em raízes, caules e folhas, determinou-se o teor de nutrientes em parte aérea e planta toda, com as Equações 24 e 25.

- Teor em parte aérea, para cada um dos nutrientes (Teor PA):

$$\text{Teor PA} = \frac{(\text{Teor Folhas} \times \text{MSF}) + (\text{Teor caules} \times \text{MSC})}{\text{MSA}} \quad (24)$$

- Teor em planta toda, para cada um dos nutrientes (Teor PT):

$$\text{Teor PT} = \frac{(\text{Teor Folhas} \times \text{MSF}) + (\text{Teor caules} \times \text{MSC}) + (\text{Teor raízes} \times \text{MSR})}{\text{MST}} \quad (25)$$

Com os teores de nutrientes determinados, o acúmulo de nutrientes em cada uma dessas partes foi determinado com a Equação 23.

3.10 Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada em folhas e caules pré-secos a 65 °C. O material vegetal seco foi preparado em moinho de facas e armazenado em frascos de vidro, no escuro.

3.10.1 Umidade residual

A umidade residual foi determinada por perda de água em estufa a 105 °C, até peso constante, conforme INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.10.2 Cinzas

O resíduo mineral, ou cinzas, foi resultado da incineração em mufla do material amostrado, com temperatura entre 550 °C e 570 °C, por 5 horas. Após esse período, adicionou-se 0,5 mL de água e fez-se nova incineração por mais 2 horas. Para folhas, o procedimento de adição de água foi repetido duas vezes, além de uma adição de peróxido de hidrogênio antes do último período de incineração (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.10.3 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método Kjeldahl (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), modificado para escala micro, com redução da amostra a cerca de 0,2000 mg. Para digestão foram usados 1,2 g de mistura catalítica (sulfato de cobre – dióxido de titânio – sulfato de potássio, 0,3:0,3:6,0 m/m) e 7,0 mL de ácido sulfúrico PA. Para destilação foram usados 20 mL de solução de NaOH 50% m/v e solução de ácido bórico a 4% m/v. Utilizou-se o indicador misto (vermelho de metila + azul de bromocresol) para visualização do ponto de viragem. A titulação final foi feita com solução de ácido clorídrico 0,1 N padronizado. O fator de conversão de nitrogênio em proteínas foi 5,75 conforme determinação da RDC nº 360 (ANVISA, 2003).

3.10.4 Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado por extração em soxhlet, em equipamento Tecnal[®], tendo como solvente éter de petróleo, de acordo com INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). O tempo de extração foi de 3 h e 30 minutos em temperatura de 65 °C.

3.10.5 Fibra bruta (FB)

Para determinação de fibra bruta utilizou-se o método de Weende, descrito por CAMPOS et al. (2004). Fez-se uma adaptação com o uso de saquinhos de TNT 100% e o determinador de fibras Tecnal[®] TE-149 (BERCHIELLI et al., 2001). Cerca de 0,5000 g de amostra foi lacrada em saco previamente tarado. As amostras lacradas nos saquinhos foram submetidas à digestão ácida (ácido sulfúrico 1,25% m/v), seguida de digestão básica (hidróxido de sódio 1,25% m/v) por 30 minutos cada, à temperatura de 95 °C, com agitação constante. Foram feitas lavagens com água quente após cada digestão. Após as digestões, os saquinhos foram banhados em acetona, a frio, para retirada final de resíduos solúveis. Secou-se em estufa a 105 °C até massa constante (fibra bruta inicial). Após massa constante os saquinhos foram pesados e incinerados por 60 minutos a 550 °C em mufla para obtenção do resíduo mineral. O teor de fibra bruta final foi obtido pela diferença entre o resíduo, a fibra bruta inicial e o resíduo mineral.

3.10.6 Carboidratos

A determinação do teor de carboidratos foi feita por diferença entre 100% e a soma de cinzas, proteínas, lipídeos e fibra bruta, em base seca a 105 °C (CECCHI, 2007).

3.10.7 Valor energético

O valor energético foi calculado a partir dos dados para lipídeos, proteínas e fibras, de acordo com equação (26) (MERRILL & WATT, 1973), em que o resultado é expresso em kcal 100 g⁻¹.

$$\text{Valor energético (kcal 100 g}^{-1}\text{)} = (\text{carboidratos} \times 4) + (\text{proteínas} \times 4) + (\text{lipídeos} \times 9) \quad (26)$$

3.11 Tratamento estatístico dos dados

Todos os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade e à análise de regressão polinomial. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa ESTAT (BARBOSA et al., 1992).

Para os dados dos teores de macronutrientes em folhas, caules e raízes procedeu-se a detecção de “outliers”, com uso de gráfico de BoxPlot, feito com auxílio do programa SPSS, anteriormente à análise de variância (SEO, 2006), (SPSS INC., 2006)

Embora tenham sido obtidas equações de regressão de grau 3 significativas e com coeficiente de determinação igual a 1,0 para alguns parâmetros, tendo em vista que são quatro os tratamentos, em função da dificuldade de explicação biológica desse modelo para os parâmetros avaliados, optou-se pela análise até grau 2. Para as análises em que o grau 2 significativo apresentou ponto crítico fora do intervalo de potenciais mátricos avaliados, (-10 kPa a -70 kPa), o modelo foi substituído pelo linear, se o mesmo tiver sido significativo estatisticamente.

3.12 Caracterização das condições ambientais no interior da casa de vegetação

O ambiente no interior da casa de vegetação foi caracterizado diariamente por medidas de umidade relativa e temperaturas do ar, máximas e mínimas, obtidas com

um termohigrômetro digital Incoterm®, instalado no centro e a 2,5 m de altura, em um abrigo ventilado que protegia os sensores da incidência de radiação solar direta. A faixa de leitura do sensor de temperatura do ar era de -50 °C a +70 °C, com resolução de 0,1 °C e precisão de ± 1 °C e do sensor de umidade relativa do ar era de 25% a 98%, com resolução de 1% e precisão de $\pm 5\%$. Os dados de insolação total (número de horas de incidência de radiação solar direta) foram obtidos da estação meteorológica automatizada da Universidade Federal de Uberlândia para o período do experimento.

As temperaturas do ar mínimas variaram entre 5,5 e 21 °C e as máximas entre 26,7 e 47,8 °C. Os valores mínimos de umidade relativa do ar variaram entre 13 e 76% e os máximos entre 79 e 99% (Figura 11). Não foram encontradas referências sobre as faixas ótimas de temperatura e umidade relativa do ar para o crescimento e desenvolvimento das OPN.

O tempo médio de insolação variou entre 7,06 e 8,57 h d⁻¹ entre o período de menor insolação (26 dias em março) e o período de maior insolação diária (23 dias do mês de julho) (Figura 12), embora o mês de maio tenha sido o de maior insolação total (252,1 h). Desde o transplântio das mudas até o corte das plantas houve um tempo total de insolação de 1032,8 h.

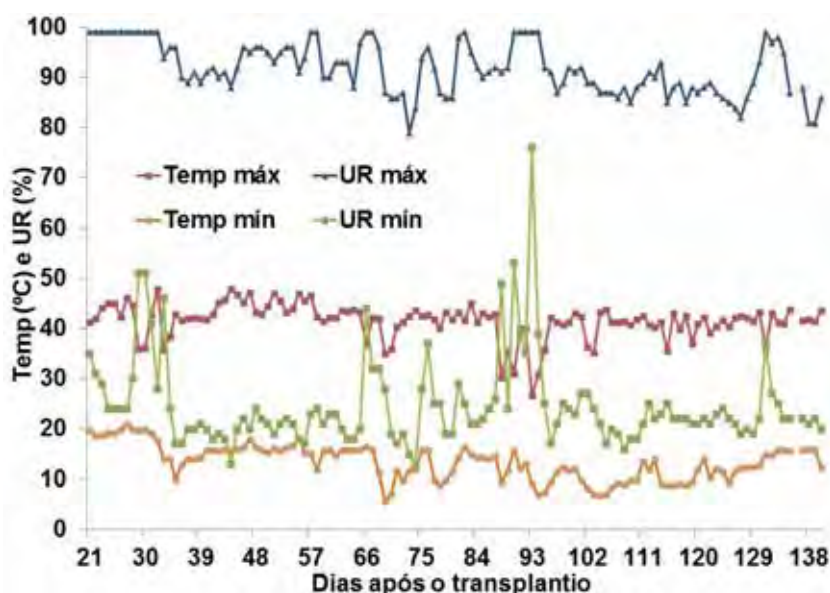


Figura 11. Umidade relativa (UR, %) máxima e mínima e temperatura (Temp, °C) máxima e mínima do ar no interior da casa de vegetação dos 21 aos 140 dias após o transplântio.

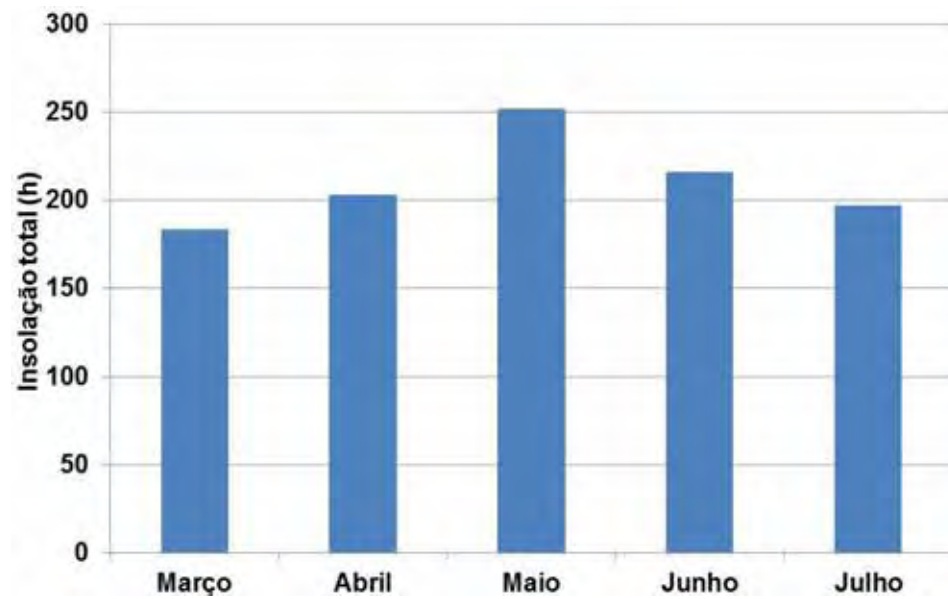


Figura 12. Insolação total durante 140 dias, desde o transplântio das mudas (Março: 26 dias; Julho: 23 dias) até o corte das plantas.

Fonte: Estação meteorológica automática da Universidade Federal de Uberlândia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condição das plantas após transplântio e condição inicial do experimento

Embora não tenha sido observado murchamento no dia do transplântio, no 3^o e no 4^o dia subsequentes, durante o período de aclimação anterior ao início da aplicação dos tratamentos, as plantas apresentaram murchamento foliar geral. No 5^o dia já apresentaram sinais de recuperação da turgescência foliar e em poucas plantas observou-se queda de folhas. No 11^o dia após o transplântio já se notavam sinais de crescimento das plantas, a intensificação da coloração verde e nenhuma planta morta, o que pode representar um aspecto de facilidade de cultivo, pois as plantas revigoraram-se rapidamente após o transplântio, e voltaram a apresentar sinais de crescimento.

Após a diferenciação dos tratamentos, dos 21 aos 140 dias após o transplântio (DAT), as médias dos valores dos potenciais nos dias das irrigações em cada tratamento foram próximas às dos controles (PMM, Tabela 4). O decréscimo real médio de potencial entre os tratamentos foi de -19 ± -2 kPa ($-21,0$ kPa de -10 kPa para -30 kPa; $-18,0$ kPa de -30 kPa para -50 kPa e $-17,0$ kPa de -50 kPa para -70 kPa).

Tabela 4. Potencial mátrico médio (PMM), volume total de água por vaso (VTAV), número de irrigações (NI), intervalos médios entre irrigações (IMI) e volume médio de irrigação por vaso (VMIV) durante o experimento com plantas de Ora-pro-nóbis em casa de vegetação.

Potencial mátrico (kPa)	PMM ^(a) (kPa)	VTAV ^(b) (L)	VTAV ^(c) (L)	NI ^(c)	IMI ^(c) (dias)	VMIV ^(c) (L)
-----Durante o controle hídrico-----						
-10	-13,0	59,60	55,80	59	2,03	0,946
-30	-34,0	42,48	38,68	28	4,29	1,381
-50	-52,0	37,08	33,28	23	5,22	1,447
-70	-69,0	26,08	22,28	15	8,00	1,485

^(a) nos dias em que houve irrigação; ^(b) desde o transplântio das mudas até os 140 dias após; ^(c) durante os 120 dias de diferenciação dos tratamentos (21 aos 140 dias após o transplântio).

As diferenças entre os volumes totais de água aplicados em cada vaso desde o transplântio das mudas ($VTAV^{(b)}$) e os volumes totais aplicados por vaso no período de diferenciação hídrica ($VTAV^{(c)}$) equivalem à água total aplicada por vaso para aclimação das plantas (3,8 L).

Considerando-se o $VTAV^{(c)}$ as plantas dos tratamentos de potenciais -30 kPa, -50 kPa e -70 kPa receberam, em relação ao potencial de -10 kPa, volumes de água menores em 30,7%, 40,4% e 60,1%, respectivamente, e em relação ao $VTAV^{(b)}$ as reduções foram de 26,3%, 34,6% e 51,5%.

Os volumes médios de água aplicados por vaso em cada irrigação ($VMIV$) durante os 120 dias de diferenciação dos tratamentos aumentaram com o decréscimo do potencial mátrico de -10 kPa para -70 kPa em função das características de retenção de água do substrato (Tabela 3 e Figura 9).

O intervalo médio entre as irrigações variou de 2,03 a 8,00 dias entre o tratamento de maior (-10 kPa) e o de menor potencial mátrico (-70 kPa), tanto em função do potencial mátrico médio estabelecido para cada tratamento quanto dos fatores que, relacionados à demanda evaporativa da atmosfera (temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento), exercem influência nas atividades transpiratória e fotossintética das plantas.

A duração dos intervalos entre irrigações (IMI) aumentou de forma mais que proporcional ao crescimento dos volumes médios aplicados em cada irrigação ($VMIV$) o que resultou, como consequência, em redução mais que proporcional nos volumes totais aplicados ($VTAV$). Isso está de acordo com os princípios físicos do movimento de água no solo, pois, em condições de não saturação do solo a diminuição do conteúdo de água reduz de forma exponencial a condutividade hidráulica do solo (REICHARDT & TIMM, 2004), o que reduz o fluxo radial de água desde um ponto no solo até a interface solo-raiz. Tal condição resulta em redução gradual da absorção da água do solo pelas raízes, aumentando o tempo para que o limite inferior de potencial definido para os tratamentos seja atingido.

4.3 Teor de água e massas secas

Os teores de água presentes em caules e folhas (Tabela 5) diferiram significativamente entre os tratamentos, aos 140 DAT ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente), mas em raízes não houve influência dos tratamentos (Tabela 5).

O teor de água nos caules aumentou linearmente com o decréscimo do potencial mátrico no solo de -10 kPa para -70 kPa, à taxa de $0,11\% \text{ kPa}^{-1}$. Para folhas, o teor de água variou segundo um modelo quadrático em função do potencial mátrico, crescente até o ponto de máximo em -45,9 kPa, embora com diferenças percentuais menores que 1%, mesmo entre o valor máximo e o mínimo no potencial de -10 kPa.

Tabela 5. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, estimativas de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade em raízes, caules e folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após transplântio.

Potencial mátrico (kPa)	Umidade (%, 65 °C)		
	Raízes	Caules	Folhas
-10	66,12 $\pm$ 4,44	72,19 $\pm$ 4,89	89,21 $\pm$ 0,24
-30	64,73 $\pm$ 5,06	76,13 $\pm$ 0,70	89,76 $\pm$ 0,48
-50	64,41 $\pm$ 2,64	77,78 $\pm$ 0,29	89,90 $\pm$ 0,15
-70	69,78 $\pm$ 3,54	79,08 $\pm$ 0,83	89,59 $\pm$ 0,42
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio	
Tratamento	3	36,3487 ^{NS}	53,6749**
Resíduo	20	16,1972	6,2835
Total	23	-	-
^b CV (%)	-	6,07	3,29
R. Grau 1	1	34,1547 ^{NS}	149,4101**
R. Grau 2	1	68,4788 ^{NS}	10,4544 ^{NS}
R. Grau 3	1	6,4126 ^{NS}	1,1603 ^{NS}
Umidade (65 °C) (%)	Equações de regressão		R ²
Raízes	$\hat{y} = 66,26^{NS}$		-
Caules	$\hat{y} = 71,8308 - 0,1116x^{(**)}$		0,9279
Folhas	$\hat{y} = 88,8287 - 0,0441x - 0,00048x^2^{(*)}$		0,9827

^aGraus de liberdade; ^bCoefficiente de variação; R. = Regressão. ^{NS}, *, **Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Com relação à acumulação de massa seca (Tabela 6) as diferenças entre os tratamentos foram significativas ($p < 0,01$, Tabela 6) para todas as partes da planta, assim como as regressões ($p < 0,01$ para raízes, caules, folhas e parte aérea e $p < 0,05$ para planta toda; Tabela 6). Todas as partes da planta foram afetadas negativamente pela redução do potencial mátrico, acumulando menos massa seca já a partir de -10 kPa (Tabela 6 e Figura 13). Disso pode-se inferir que redução no potencial mátrico a partir de -10 kPa fez com que as plantas de OPN tivessem gradualmente mais dificuldade em absorver água do substrato por unidade de redução de potencial mátrico, induzindo estresse por déficit hídrico nas plantas.

Tabela 6. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para massa seca de raízes, caules, folhas, parte aérea e total de plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico do solo, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial Mátrico		Massa (g)				
(kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
-10		30,57 ± 6,92	155,71 ± 8,48	53,66 ± 1,71	209,37 ± 9,43	239,94 ± 14,86
-30		14,77 ± 4,03	110,83 ±15,37	44,98 ± 4,93	155,81 ± 19,88	170,58 ± 23,35
-50		12,80 ± 1,33	109,51 ± 4,80	47,08 ± 1,81	156,59 ± 4,38	169,38 ± 4,34
-70		10,62 ± 4,00	76,61 ± 2,99	40,55 ± 1,82	117,17 ± 4,39	127,79 ± 5,97
F. de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	477,1685**	6329,5349**	178,3645**	8600,1263**	12963,7928**
Resíduo	20	21,4557	84,9869	8,4550	130,6846	205,2068
Total	23	-	-	-	-	-
^b CV (%)	-	27,08	8,15	6,24	7,16	8,10
R. Grau 1	1	1109,9650**	17080,4196**	415,3380**	22821,3468**	34198,8803**
R. Grau 2	1	265,0691**	215,2806 ^{NS}	6,9445 ^{NS}	299,7680 ^{NS}	1156,4817*
R. Grau 3	1	56,4715 ^{NS}	1692,9043**	112,8110**	2679,2640**	3536,0163**
Massa (g)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 38,4112 + 0,9688x + 0,0083x^{2(**)}$				0,9606
Caules		$\hat{y} = 160,8878 + 1,1931x^{(**)}$				0,8995
Folhas		$\hat{y} = 54,0096 + 0,1860x^{(**)}$				0,7762
Parte aérea		$\hat{y} = 214,8945 + 1,3791x^{(**)}$				0,8845
Total		$\hat{y} = 244,4500 + 1,6882x^{(*)}$				0,8793

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão; F. de variação = Fonte de variação.

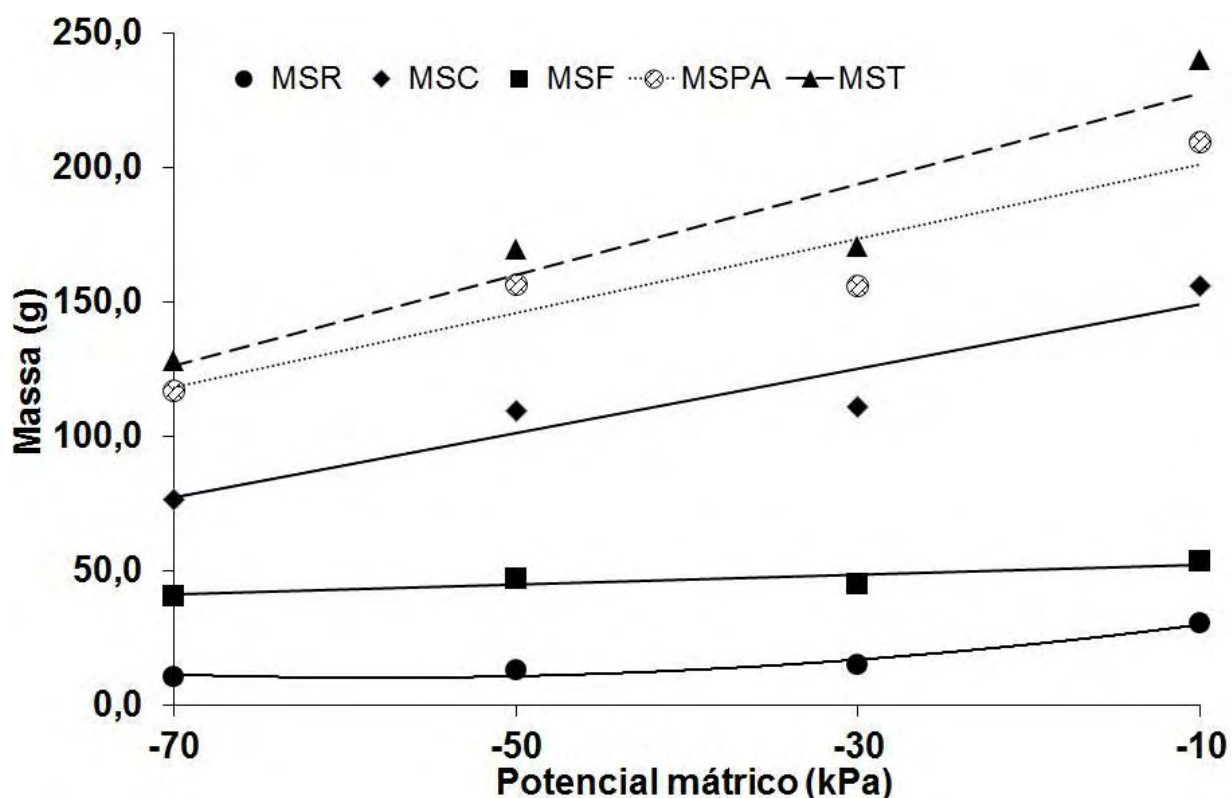


Figura 13. Massa seca de raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF), parte aérea (MSPA) e total (MST) de plantas de Ora-pro-nóbis aos 140 dias após o transplante, em função do potencial mátrico do solo.

A massa seca das raízes decresceu gradativamente menos por unidade de redução do potencial mátrico no solo, a partir de -10 kPa, até atingir o mínimo em -58,4 kPa, a partir do qual manteve-se praticamente constante até -70 kPa (Figura 13). Percentualmente, o maior decréscimo calculado para a massa acumulada em raízes, em relação ao potencial de -10 kPa, foi de 65,59% no ponto de mínimo, redução esta equivalente a 19,41g. Para os potenciais -30 e -70 kPa as reduções foram de 43,10% e 61,88%, respectivamente, em relação ao maior potencial. Destaca-se que a queda mais acentuada ocorreu entre -10 e -30 kPa, com decréscimo médio em massa de 12,71 g nesse intervalo. Entre -30 kPa e -58,4 kPa (ponto de mínimo) a redução foi menor, de 39,7% (de 16,81 g para 10,14 g), e de -58,4 kPa a -70 kPa houve aumento de 11,1% (de 10,14 g para 11,27 g) na massa seca acumulada nas raízes. Isso pode ser um indicativo de adaptação gradativa do sistema radicular da ora-pro-nóbis à restrição

hídrica na medida em que o potencial mátrico diminui ou que o déficit hídrico no substrato aumenta.

Para os caules, o decréscimo no acúmulo de massa em função do aumento no déficit hídrico de -10 kPa para -70 kPa ocorreu à taxa de $1,19 \text{ g kPa}^{-1}$. Em relação ao potencial de -10 kPa, a massa acumulada nos caules no potencial de -70 kPa foi 48,1% menor, o que significa que no tratamento de -70 kPa a planta deixou de acumular nos caules cerca de 71,6 g de biomassa seca ao longo dos 140 dias de cultivo. Para -50 kPa e -30 kPa as reduções foram de 32,04% e 14,23%, respectivamente.

As folhas foram a parte da planta que percentualmente apresentou menor diferença na acumulação de massa seca entre o maior (-10 kPa) e o menor (-70 kPa) potencial mátrico, 21,40%, com taxa linear de decréscimo de cerca de $0,19 \text{ g kPa}^{-1}$. Em valores absolutos, essa taxa negativa significa que quando submetida a déficit hídrico no solo relativo a -70 kPa a planta de ora-pro-nóbis deixou de acumular nas folhas 11,16 g de massa seca, enquanto que em -50 kPa e em -30 kPa, 7,44 g (-14,27%) e 3,72 g (-7,13%) de massa seca deixaram de ser acumulados nas folhas, respectivamente.

Para a parte aérea e planta toda, o decréscimo linear ocorreu à taxas de 1,38 e $1,69 \text{ g kPa}^{-1}$ (Tabela 6 e Figura 13), com a diminuição do potencial mátrico de -10 para -70 kPa. A diminuição observada corresponde a quedas percentuais de 41,15 e 44,51% em relação ao maior potencial mátrico e em massa de 82,75 e 101,29 g respectivamente.

Redução significativa na massa seca acumulada em folhas, caules ou raízes em função do aumento do déficit hídrico no solo também foi verificada em algumas espécies vegetais (SILVA et al., 2002; FIGUEIRÔA et al., 2004; LIU & STÜTZEL, 2004; MACHADO, 2004; VILLAGRA & CAVAGNARO, 2006; BONFIM-SILVA, et al., 2011), inclusive em duas espécies de cactáceas do gênero *Opuntia* (SNYMAN, 2004).

As diferenças no acúmulo de massa seca nas partes das plantas nos diferentes potenciais mátricos podem ser uma confirmação da plasticidade em relação às características vegetativas relatadas por LEUENBERGER (1992b) para espécies de *Pereskia*.

A redução na acumulação de massa em todas as partes da planta verificada em função da redução no potencial mátrico de -10 kPa a -70 kPa pode ter sido consequência do aumento da resistência estomática ao fluxo de CO₂ para o interior das folhas, na medida em que a disponibilidade de água no substrato diminuiu com a diminuição do potencial mátrico. De acordo com BENINCASA & LEITE (2004) e PIMENTA (2004), como a absorção do CO₂ ocorre pelos poros estomáticos, os quais tendem a se fechar em condições de alta temperatura, baixa disponibilidade de água no solo ou altas taxas transpiratórias, pode haver interferência negativa no acúmulo de fitomassa. Uma vez que as condições climáticas no interior da casa de vegetação foram as mesmas para todos os tratamentos, somente a menor disponibilidade de água no substrato causada pela redução do potencial mátrico pode ter sido o principal fator de restrição da absorção de CO₂ do ar pelas plantas.

Os resultados obtidos para massa seca corroboram a afirmação de LEUENBERGER (1992a) de que plantas do gênero *Pereskia*, apesar de serem cactáceas, naturalmente resistentes às situações de restrição hídrica e de estresses ambientais, respondem positivamente quanto ao crescimento, quando há maior oferta de água. Essa sensibilidade já tinha sido evidenciada por McDONNELL & HOST (1980), os quais verificaram que plantas de *Pereskia aculeata* Godseffiana irrigadas uma vez por semana cresceram significativamente mais em altura e em número de folhas do que as irrigadas a cada duas e a cada três semanas.

4.4 Razões de massa

Todas as razões de massa avaliadas (Tabela 7) foram influenciadas pelos tratamentos ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$, Tabela 7), aos 140 DAT.

Para a razão entre as massas secas das raízes e da planta toda (RMR), os valores médios obtidos variaram de 0,13 g g⁻¹, no tratamento de -10 kPa, a 0,08 g g⁻¹ em -70 kPa (Tabela 7). De acordo com a análise de regressão (Tabela 7 e Figura 14) o decréscimo da RMR com a diminuição do potencial mátrico ocorreu de forma

quadrática, atingindo o valor mínimo de $0,07 \text{ g g}^{-1}$ a $-51,7 \text{ kPa}$, e permanecendo praticamente constante daí até -70 kPa (aumento de apenas $0,01 \text{ g g}^{-1}$). Essa estabilização pode indicar um início de adaptação da planta à situação de déficit hídrico mais pronunciado a partir de potencial mátrico menores do que -50 kPa , o que não significa que a planta voltará aos níveis de crescimento alcançados em condição de manutenção de melhor conforto hídrico na zona radicular.

Tabela 7. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para as razões de massa seca radicular (RMR), caulinar (RMC), foliar (RMF), razão de massa aérea (RMA), razão massa de folha massa de caule (RFC), razão massa de folha massa de raiz (RFR) e razão massa de caule massa de raiz (RCR) das plantas de Ora-pro-nóbis aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico		Razões (g g^{-1})						
(kPa)		RMR	RMC	RMF	RMA	RFC	RFR	RCR
-10		$0,13 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$	$0,87 \pm 0,02$	$0,36 \pm 0,02$	$1,18 \pm 0,49$	$5,31 \pm 1,20$
-30		$0,09 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,01$	$0,41 \pm 0,03$	$3,18 \pm 0,59$	$7,77 \pm 1,22$
-50		$0,08 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,01$	$0,92 \pm 0,01$	$0,43 \pm 0,03$	$3,72 \pm 0,54$	$8,63 \pm 0,99$
-70		$0,08 \pm 0,03$	$0,60 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,01$	$0,92 \pm 0,03$	$0,53 \pm 0,02$	$4,22 \pm 1,32$	$7,99 \pm 2,54$
F. de variação ^a GL		Quadrado médio						
Tratamento	3	0,0033**	0,0035**	0,0091**	0,0033**	0,0350**	6,2991**	12,7665*
Resíduo	20	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004	0,0006	0,6532	2,5901
Total	23	-	-	-	-	-	-	-
^b CV (%)	-	21,33	2,49	4,58	2,16	5,58	24,94	21,68
R. Grau 1	1	0,0063**	0,0069**	0,0261**	0,0063**	0,0992**	17,6740**	23,8325**
R. Grau 2	1	0,0035**	0,0032**	0,0000 ^{NS}	0,0035**	0,0019 ^{NS}	1,0597 ^{NS}	14,4646*
R. Grau 3	1	0,0001 ^{NS}	0,0005 ^{NS}	0,0013**	0,0001 ^{NS}	0,0040*	0,1636 ^{NS}	0,0023 ^{NS}
Variáveis	Equações de regressão							R ²
RMR	$\hat{y} = 0,1543 + 0,0031x + 0,000030x^2(**)$							0,9932
RMC	$\hat{y} = 0,6349 - 0,0016x - 0,000029x^2(**)$							0,9570
RMF	$\hat{y} = 0,2123 - 0,0015x(**)$							0,9536
RMA	$\hat{y} = 0,8457 - 0,0031x - 0,000030x^2(**)$							0,9932
RFC	$\hat{y} = 0,3134 - 0,0029x(**)$							0,9441
RFR	$\hat{y} = 1,7056 - 0,0384x(**)$							0,9353
RCR	$\hat{y} = 3,5075 - 0,1998x - 0,0019x^2(*)$							0,9999

^aGraus de liberdade; ^bCoefficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão; F. de variação = Fonte de variação.

A razão de massa seca caulinar (RMC) seguiu modelo quadrático, com aumento de 1% entre -10 kPa (65%) e -28 kPa (66%; ponto de máximo da curva) para depois

diminuir em 6% a -70 kPa, indicando que a translocação de fotossintatos das folhas para os caules passou a ser prejudicada somente a partir de potenciais mátricos inferiores a -28 kPa.

A razão de massa foliar (RMF) aumentou linearmente (Figura 14) com o decréscimo do potencial mátrico, de forma que para -10 kPa, 23% da massa seca total estava acumulada nas folhas aos 140 DAT, enquanto que para -30, -50 e -70 kPa esses percentuais foram de 25%, 28% e 31%, respectivamente. Segundo BENINCASA (2003), a RMF é uma estimativa da primeira fase de translocação de massa seca das folhas para as demais partes da planta. Isso significa que valores maiores dessa razão estão relacionados à menor translocação de fotossintatos produzidos nas folhas para os demais órgãos da planta. Isso é evidência de que a translocação para as demais partes da planta, dos fotossintatos produzidos nas folhas, foi proporcionalmente diminuída a partir de -10 kPa à taxa de $0,0015 \text{ g g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, até -70 kPa (Figura 14). Maior retenção proporcional de massa seca nas folhas em condição de maior déficit hídrico também foi observada em milho por VILELA & BÜLL (1999).

A massa seca das folhas reduziu proporcionalmente menos do que as massas secas de caules e de raízes em função da redução do potencial mátrico no substrato, uma vez que as razões entre as massas secas de folhas e caules e de folhas e raízes cresceram linearmente com a diminuição do potencial mátrico (Figura 15). A razão entre caules e raízes cresceu de forma quadrática de -10 kPa a -50 kPa, diminuindo pouco daí para -70 kPa. Portanto, de forma geral, as folhas tiveram proporcionalmente menor redução no acúmulo de massa seca do que os caules, e estes menor do que as raízes em função da redução do potencial mátrico no substrato.

Da análise conjunta dessas razões de massa, verifica-se que as folhas comandaram a proporcionalidade da partição de massa entre estas, os caules e as raízes, acumulando proporcionalmente mais massa em detrimento dos caules a partir de -30 kPa e de raízes já a partir de -10 kPa, na medida em que o déficit hídrico no solo foi se acentuando até -70 kPa.

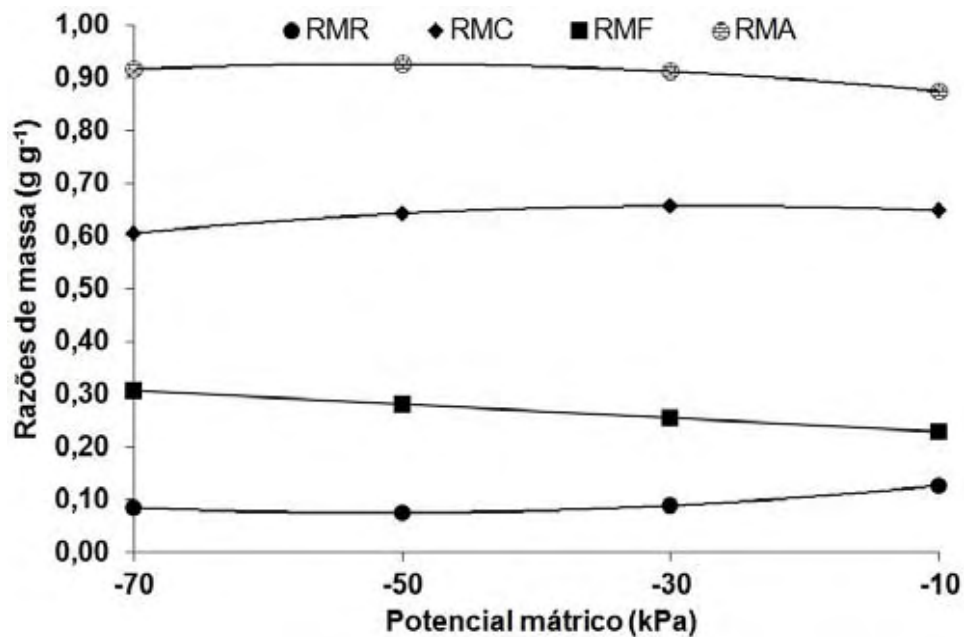


Figura 14. Razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF) e razão de massa da parte aérea (RMA) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplante.

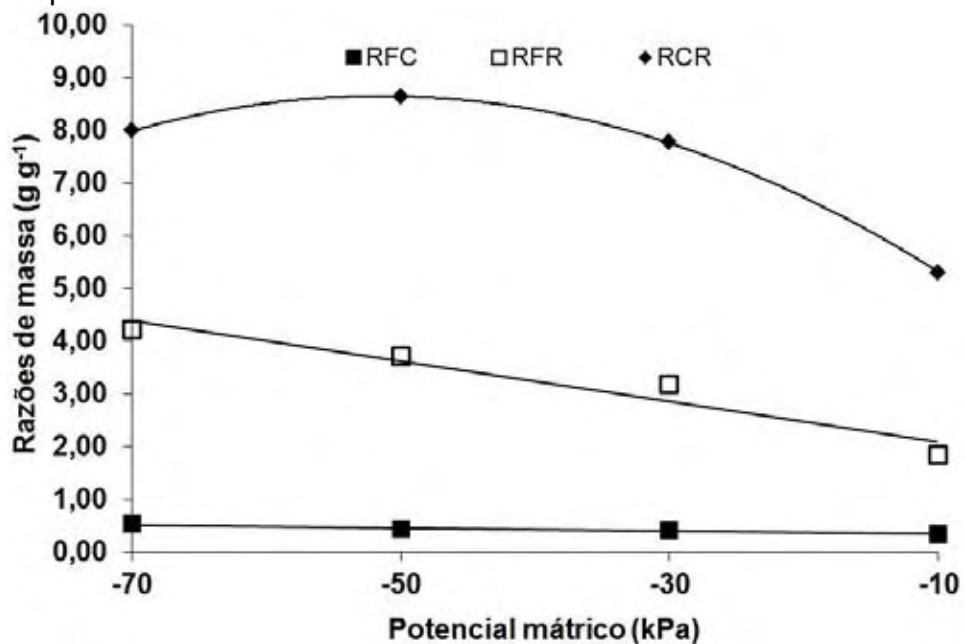


Figura 15. Razões entre massa de folha e massa de caule (RFC), massa de folha e massa de raiz (RFR) e entre massa de caule e massa de raiz (RCR) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplante.

4.5 Área foliar, relações de área e de área e massa

A área foliar (Tabela 8) das plantas de OPN não foi afetada ($p>0,05$) pela restrição hídrica no intervalo de potencial mátrico no solo entre -10 kPa e -70 kPa e no período de 120 dias de diferenciação na oferta de água (Tabela 8, Figura 16).

Tabela 8. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)		AF (cm ²)	AFE (cm ² g ⁻¹)	RAF (cm ² g ⁻¹)
-10		8095,75 $\pm$ 801,79	151,23 $\pm$ 11,33	33,73 $\pm$ 2,50
-30		7827,19 $\pm$ 926,92	174,16 $\pm$ 10,01	46,21 $\pm$ 4,70
-50		8249,31 $\pm$ 989,17	175,19 $\pm$ 19,46	48,67 $\pm$ 5,35
-70		7465,05 $\pm$ 1110,79	192,87 $\pm$ 39,68	58,80 $\pm$ 11,25
F. de variação	^a GL	Quadrado médio		
Tratamento	3	708935,5106 ^{NS}	1748,7546*	637,2346**
Resíduo	20	928587,0325	545,3383	45,8726
Total	23	-	-	-
^b CV (%)	-	12,18	13,47	14,46
R. Grau 1	1	648236,1904 ^{NS}	4758,8948**	1809,6333**
R. Grau 2	1	398932,6276 ^{NS}	41,4225 ^{NS}	8,2603 ^{NS}
R. Grau 3	1	1079637,7137 ^{NS}	445,9464 ^{NS}	93,8101 ^{NS}
Variáveis		Equações de regressão		R ²
AF (cm ²)		$\hat{y} = 7909,33^{NS}$		-
AFE (cm ² g ⁻¹)		$\hat{y} = 148,1724 - 0,6297x^{(**)}$		0,9071
RAF (cm ² g ⁻¹)		$\hat{y} = 31,3208 - 0,3883x^{(**)}$		0,9466

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão; F. de variação = Fonte de variação.

Como a diminuição na área foliar é reconhecidamente uma das primeiras respostas ao estresse hídrico na planta, é possível inferir que nos intervalos de potencial mátrico e tempo em que a OPN foi estudada, houve adaptação suficiente para manutenção da turgescência e da área foliar, mantendo a interceptação luminosa nos mesmos níveis em todos os tratamentos. Em folhas completamente desenvolvidas o

estresse hídrico também poderia causar senescência precoce e abscisão de folhas (TAIZ & ZEIGER, 2004), fenômenos que não foram observados neste experimento para nenhum dos tratamentos, até os 140 dias após o transplântio. Entretanto, associado à diminuição linear de acúmulo de massa seca nas folhas (Figura 13) pode-se inferir que, considerando-se a equação (20), na medida em que os potenciais mátricos diminuíram ocorreu diminuição na espessura das folhas. Segundo FERREIRA (1996) e BENINCASA (2003) a diminuição na espessura das folhas está relacionada à diminuição no número e/ou no tamanho das células do mesófilo foliar.

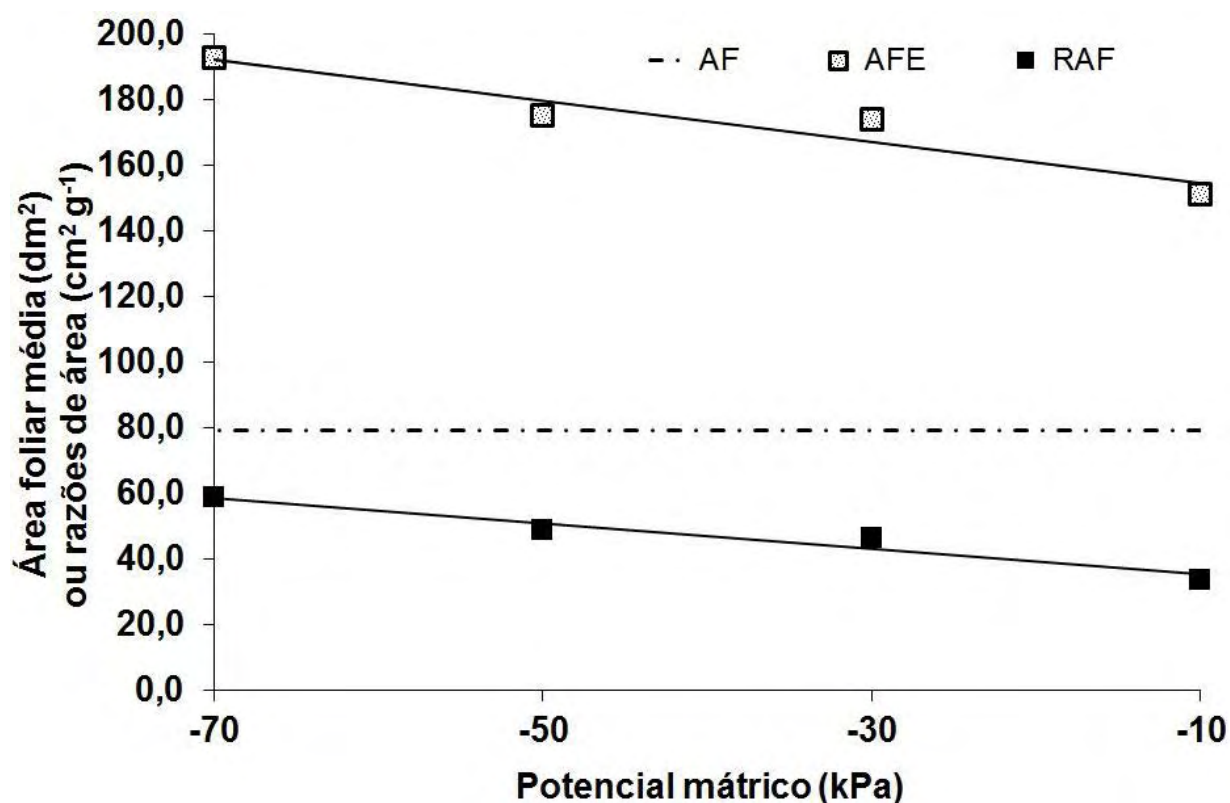


Figura 16. Área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) em plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.

A área foliar específica apresentou acréscimo linear ($p < 0,01$; Tabela 8), com o decréscimo do potencial mátrico à taxa de $0,92 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ (Figura 16), evidenciando que as plantas de OPN, embora com áreas foliares semelhantes, foram menos

eficientes em acumular massa seca nas folhas à medida que o déficit hídrico no solo aumentou. Como a razão de área foliar, que expressa a área foliar útil para fotossíntese (BENINCASA, 2003) ou a razão entre a área responsável pela interceptação luminosa e de gás carbônico e a massa seca total da planta (SILVA & NOGUEIRA, 2003), teve comportamento semelhante ao da área foliar específica ($p < 0,01$; Tabela 8), infere-se que na proporção em que o déficit hídrico no solo aumentou de -10 kPa para -70 kPa, houve redução na eficiência fotossintética das folhas. Isto é, mesmo com superfícies foliares semelhantes, o déficit hídrico afetou proporcional e negativamente a fotossíntese bruta e, conseqüentemente, a produção líquida de foto-assimilados pelas folhas, que mantiveram proporcionalmente mais massa acumulada e translocaram menos dos produtos da fotossíntese para caules e raízes.

4.6 Eficiência de uso da água (EUA)

A eficiência de uso da água aumentou linearmente com a redução do potencial mátrico no solo ($p < 0,01$, Tabela 9, Figura 17), a uma taxa de $0,16 \text{ g L}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$.

A EUA representa a capacidade de conversão de água em matéria seca (SOUSA et al., 2000; BARROS JÚNIOR et al., 2008) e para OPN essa eficiência é maior em condição de menor oferta de água. Ao final de 140 DAT afirma-se que a eficiência da OPN sob potencial mátrico -70 kPa foi cerca de 24% maior do que a apresentada em potencial -10 kPa. Esse comportamento, maior eficiência em maior restrição hídrica, pode ser um dos fatores determinantes da capacidade produtiva, além dos fatores genéticos e de resistência à seca (BLUM, 2005). Para esse mesmo autor a alta EUA relacionada com um bom rendimento em condição de déficit hídrico é um paradoxo demonstrável por experimentos.

Tabela 9. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para a eficiência de uso da água (EUA) das plantas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)	EUA (g L ⁻¹)	
-10	4,03 $\pm$ 0,25	
-30	4,01 $\pm$ 0,55	
-50	4,57 $\pm$ 0,12	
-70	4,90 $\pm$ 0,23	
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio
Tratamento	3	1,1243**
Resíduo	20	0,1073
Total	23	-
^b CV (%)	-	7,49
R. Grau 1	1	3,0115**
R. Grau 2	1	0,1751 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,1864 ^{NS}
Variável	Equação de regressão	R ²
EUA (g L ⁻¹)	$\hat{y} = 3,7418 - 0,1584x^{(**)}$	0,9071

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

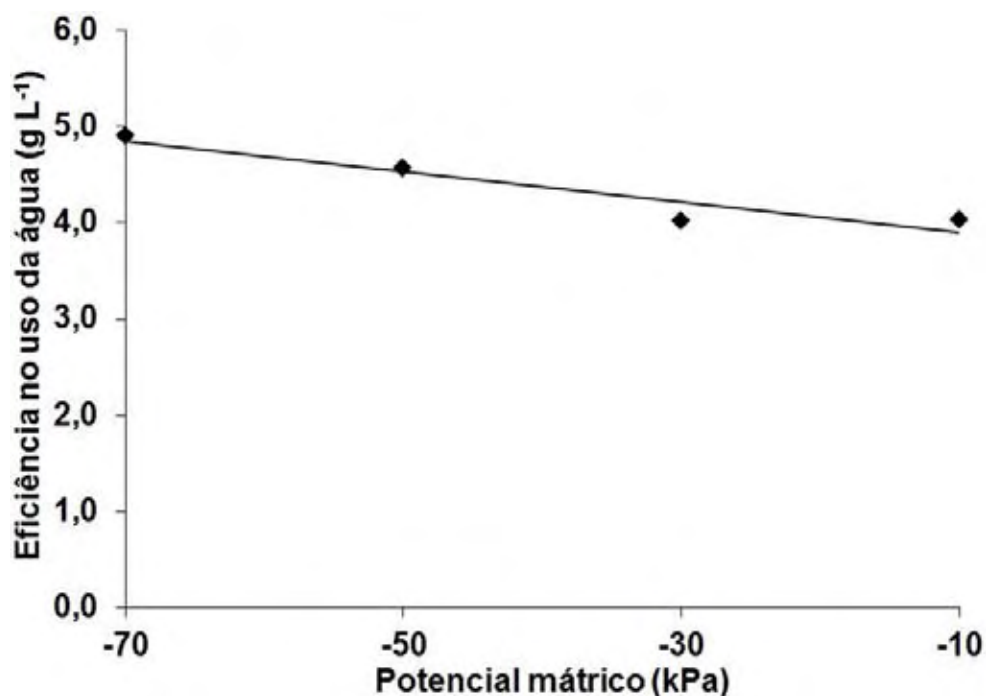


Figura 17. Eficiência de uso da água (EUA) pelas plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após transplântio das mudas.

SNYMAN (2004) considera que a oferta de água às plantas é um fator preponderante na determinação da EUA, sobrepondo-se ao estágio de desenvolvimento das mesmas. Esse autor verificou que em cactáceas do gênero *Opuntia*, há aumento da EUA em relação à massa de clatódios para a espécie *Opuntia robusta*, assim como observado em plantas de OPN; porém, para a espécie *Opuntia ficus-indica* houve diminuição da EUA. Já em relação à massa seca de raízes, houve diminuição da EUA para ambas as espécies do gênero *Opuntia*.

4.7 Células estomáticas e epidérmicas

A OPN apresentou folhas anfiestomáticas, ou seja, com estômatos nas faces superior (adaxial) e inferior (abaxial), com formato arredondado e maior densidade na face inferior (Tabela 10), afirmações que estão em acordo com os relatos de LEUENBERGER (1986) e DUARTE & HAYASHI (2005).

O índice estomático (IE) e a densidade estomática (DE) não foram influenciados pelos potenciais mátricos no solo (Tabela 10) em nenhuma das faces foliares. A densidade estomática determinada para OPN sob potenciais mátricos no solo está no intervalo descrito por PIMENTA (2004) para folhas, que é da ordem de 30 a 400 estômatos por mm^2 , em ambas as faces. Na face superior, o resultado também está de acordo com EGGLI (1984) citado por LEUENBERGER (1986), o qual relata que os estômatos nas folhas da *Pereskia aculeata* têm variação no intervalo de 30 a 80 estômatos mm^{-2} . SAJEVA & MAUSETH (1991) descrevem a densidade estomática para folhas de *Pereskia aculeata* como $23,2 \pm 1,9$ estômatos mm^{-2} na epiderme superior e $58,6 \pm 2,9$ estômatos mm^{-2} na epiderme inferior. Esses resultados, embora obtidos em folhas sob condições de solo, clima e irrigação não especificadas são menores que os obtidos para OPN nesse trabalho.

A face inferior apresentou maiores IE e DE (Figura 18) para todos os potenciais mátricos. A face inferior apresentou DE 131% maior que a face superior, e para o IE, a face inferior teve IE em média 34% maior que na face superior.

Tabela 10. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o índice estomático (IE) e densidade estomática (DE) em lâminas paradérmicas superiores (adaxiais) e inferiores (abaxiais) de folhas de Ora-pro-nóbis, aos 130 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)	IE (%)		DE (estômatos mm ⁻²)	
	Face superior		Face inferior	
-10	3,8 ± 0,32	38,2 ± 4,9	4,7 ± 0,59	87,5 ± 14,4
-30	3,5 ± 0,41	37,6 ± 4,1	4,7 ± 0,43	87,2 ± 8,2
-50	3,5 ± 0,38	36,0 ± 4,0	4,8 ± 0,42	82,8 ± 10,3
-70	3,3 ± 0,25	38,8 ± 3,1	4,7 ± 0,24	91,3 ± 9,9
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio		
Tratamento	3	0,2960 ^{NS}	8,4104 ^{NS}	0,0415 ^{NS}
Resíduo	20	0,1181	16,6524	0,2036
Total	23	-	-	-
^b CV (%)	-	9,7	10,8	9,5
R. Grau 1	1	0,7841*	0,0008 ^{NS}	0,0001 ^{NS}
R. Grau 2	1	0,0338 ^{NS}	17,1704 ^{NS}	0,0104 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0701 ^{NS}	8,0601 ^{NS}	0,1141 ^{NS}
Variável	Equações de regressão			R ²
	Face superior		Face inferior	
IE (%)	$\hat{y} = 3,5^{NS}$		$\hat{y} = 4,7^{NS}$	-
DE (estômatos mm ⁻²)	$\hat{y} = 37,7^{NS}$		$\hat{y} = 87,2^{NS}$	-

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

A razão entre os parâmetros avaliados nas faces superior e inferior (Tabela 11) revela a tendência de comportamento em função dos potenciais mátricos aplicados. Apenas a razão entre o número de células epidérmicas aumentou linearmente ($p < 0,05$; Tabela 11), com o aumento do déficit hídrico no solo (Figura 19), a uma taxa de 0,0012 unidades kPa⁻¹. Esse aumento significa que há tendência de redução de seu tamanho, visto não ter sido significativa a variação na área foliar das plantas (Tabela 8).

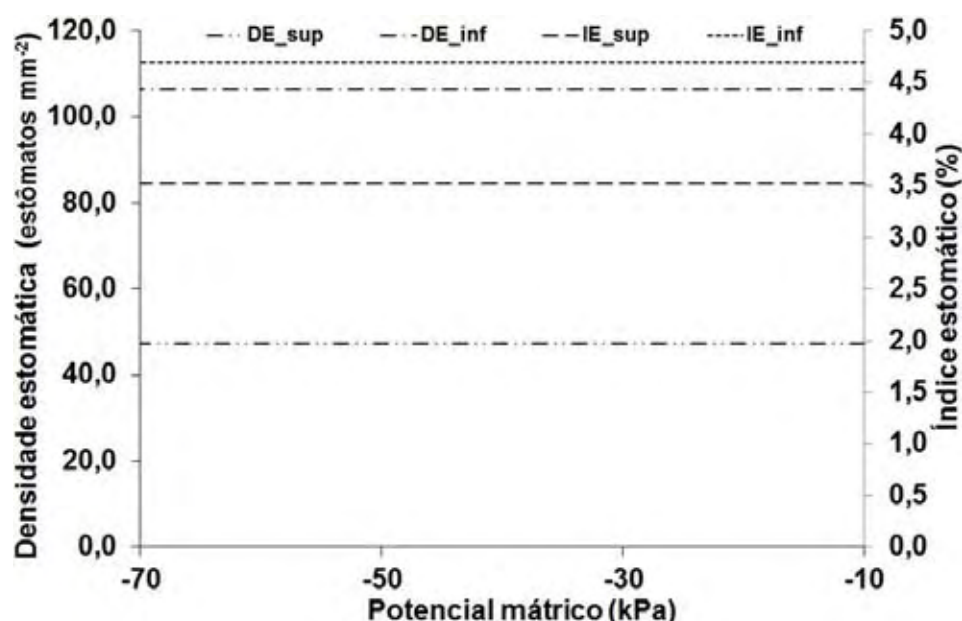


Figura 18. Densidade estomática (DE) e Índice estomático (IE) das faces superior (adaxial) e inferior (abaxial) das folhas de Ora-pro-nóbis, cultivadas em função do potencial mátrico no solo, aos 130 dias após o transplântio.

Tabela 11. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para as razões face superior (adaxial) e inferior (abaxial) de células epidérmicas (RCEPI), Índice Estomático (RIE) e Densidade Estomática (RDE) em lâminas paradérmicas de folhas de Ora-pro-nóbis, aos 130 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		RCEPI	RIE	RDE
-10		0,55 $\pm$ 0,02	0,81 $\pm$ 0,14	0,44 $\pm$ 0,08
-30		0,58 $\pm$ 0,02	0,75 $\pm$ 0,04	0,43 $\pm$ 0,03
-50		0,61 $\pm$ 0,03	0,72 $\pm$ 0,05	0,44 $\pm$ 0,05
-70		0,62 $\pm$ 0,03	0,70 $\pm$ 0,06	0,43 $\pm$ 0,04
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio		
Tratamento	3	0,0059**	0,0159 ^{NS}	0,0004 ^{NS}
Resíduo	20	0,0005	0,0065	0,0029
Total	23	-	-	-
^b CV (%)	-	3,8	10,8	12,3
R. Grau 1	1	0,0163**	0,0433*	0,0007*
R. Grau 2	1	0,0014 ^{NS}	0,0038 ^{NS}	0,0000 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0001 ^{NS}	0,0006 ^{NS}	0,0003 ^{NS}
Variáveis		Equações de regressão		R^2
RCEPI		$\hat{y} = 0,5417 - 0,0012x^{(**)}$		0,9193
RIE		$\hat{y} = 0,75^{NS}$		-
RDE		$\hat{y} = 0,44^{NS}$		-

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

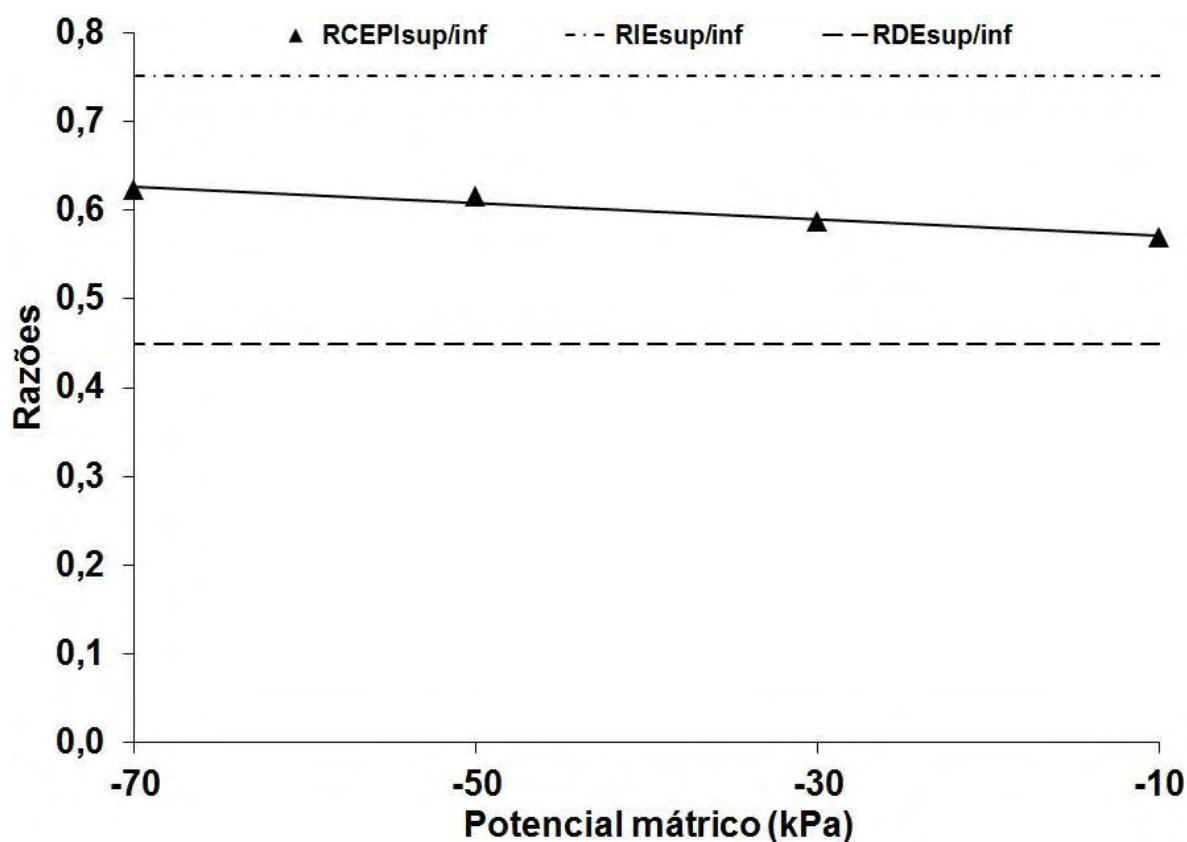


Figura 19. Razão entre as faces superior (adaxial) e inferior (abaxial) para células epidérmicas (RCEPI), Índice Estomático (RIE) e Densidade Estomática (RDE) em folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 130 dias após o transplante.

A RDE e a RIE não foram influenciadas pelos tratamentos ($p < 0,05$, Tabela 11), à semelhança dos resultados em ambas as faces foliares, mas a RCEPI aumentou linearmente com o decréscimo do potencial mátrico ($p < 0,01$, Tabela 11, Figura 19). Para a RIE, sabendo que a RCEPI aumentou com a redução do potencial mátrico no solo, pode-se inferir que a sua constância em níveis de potencial mátrico indica que no conjunto de todas as células superficiais, a variação da CEPI foi pequena, não sendo suficiente para alterar a RIE.

4.8 Macronutrientes

4.8.1 Nitrogênio (N)

O teor de nitrogênio (Tabela 12) nas partes e na planta toda de OPN foi influenciado pela diminuição do potencial mátrico no solo ($p < 0,01$, Tabela 12). Houve aumento linear no teor de nitrogênio com a diminuição do potencial mátrico, exceto para raízes, cujo comportamento pode ser representado por uma curva quadrática (Figura 20).

A maior taxa linear de aumento no teor de nitrogênio com a redução no potencial mátrico foi determinada para as folhas ($0,1335 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$) e a menor para os caules ($0,0653 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$), o que permite afirmar que as folhas foram mais afetadas do que os caules para esta variável, com teor em folhas maior que o de caules para todo intervalo de potencial mátrico. No potencial de -10 kPa o teor de nitrogênio em raízes foi semelhante ao teor em folhas (Figura 20), mas nos demais potenciais o teor de N em folhas foi maior do que em raízes. Para as raízes houve decréscimo de 5,6% no acúmulo de N entre -10 kPa e $-31,66 \text{ kPa}$ (ponto de mínimo da curva), para depois aumentar em 18,2%, a partir do mínimo até -70 kPa . Os teores de nitrogênio em parte aérea e total foram próximos, com taxa de aumento cerca de 7% maior na parte aérea do que no total com o decréscimo no potencial mátrico.

Tabela 12. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)	Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total	
	mg g ⁻¹					
-10	21,65 ± 0,91	7,32 ± 0,27	21,12 ± 0,38	10,85 ± 0,35	12,19 ± 0,23	
-30	20,35 ± 0,40	10,20 ± 0,00	23,00 ± 1,97	13,74 ± 0,92	13,82 ± 0,30	
-50	21,43 ± 1,71	9,95 ± 1,02	25,06 ± 0,77	14,70 ± 0,97	15,22 ± 0,86	
-70	24,16 ± 1,51	11,75 ± 1,04	29,33 ± 1,14	17,84 ± 1,15	18,53 ± 1,29	
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	12,2664**	20,1247**	70,2581**	45,4211**	35,0831**
Resíduo	-	1,6712	0,6481	1,6063	3,8649	8,5533
GL resíduo	-	17	17	18	15	13
GL Total	-	20	20	21	18	16
^b CV (%)	-	5,89	8,26	5,12	6,38	5,73
R. Grau 1	1	18,9420**	40,8726**	194,4245**	107,5230**	76,5583**
R. Grau 2	1	20,6988**	1,4083 ^{NS}	7,8110*	0,0732 ^{NS}	2,5658 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,1398 ^{NS}	6,4481**	1,1276 ^{NS}	3,7538 ^{NS}	0,7567 ^{NS}
Teor de N (mg g ⁻¹)	Equações de regressão				R ²	
Raízes	$\hat{y} = 22,9440 + 0,1583x + 0,0025x^{2(**)}$				0,9965	
Caules	$\hat{y} = 7,1942 - 0,0653x^{(**)}$				0,8388	
Folhas	$\hat{y} = 19,2883 - 0,1335x^{(**)}$				0,9560	
Parte aérea	$\hat{y} = 9,8815 - 0,1100x^{(**)}$				0,9656	
Total	$\hat{y} = 10,8360 - 0,1026x^{(**)}$				0,9584	

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

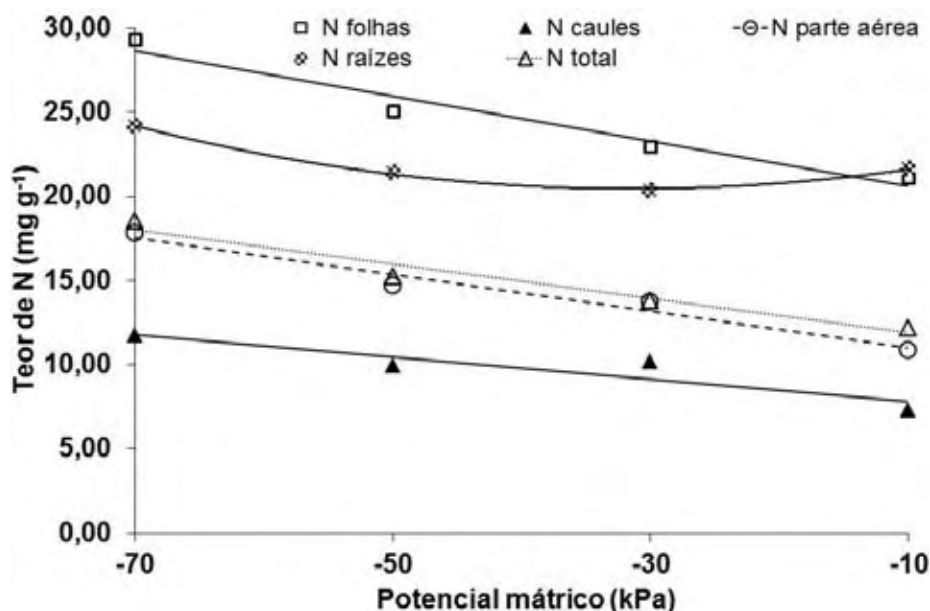


Figura 20. Teor de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Em estudo com plântulas de Hera-japonesa (*Parthenocissus tricuspidata*) sob níveis de disponibilidade hídrica, o teor de nitrogênio seguiu a ordem folhas>caules>raízes>pecíolos (WANG et al., 2010), diferentemente da OPN que teve como ordem folhas>raízes>caules (Figura 20). Além disso, nesse estudo, o teor de nitrogênio em raízes e folhas no tratamento com menor umidade no solo foi menor que nos tratamentos com maior umidade no solo, o oposto ao obtido para OPN neste trabalho, tanto em raízes e folhas como também em caules.

De acordo com FURLANI (2004), os teores de nitrogênio para uma produção ótima para a maioria das plantas estão entre 20 e 50 g N kg⁻¹ de matéria seca, padrão não alcançado pelas plantas de OPN no intervalo de potencial mátrico estudado.

O acúmulo de nitrogênio em OPN (Tabela 13) não foi influenciado pelos potenciais mátricos em folhas e parte aérea, mas em caules, raízes e na planta toda houve influência dos tratamentos. Em caules e na planta toda a redução foi linear com a redução do potencial mátrico (Tabela 13), nas taxas de 0,0037 e 0,0079 mg g⁻¹ kPa⁻¹. De -10 kPa para -70 kPa a redução no acúmulo de N nos caules foi de 19,0% (0,22 mg planta⁻¹) e 16,6% na planta toda (0,48 mg planta⁻¹). Nas folhas, o aumento da MSF com o aumento do potencial mátrico (Tabela 6 e Figura 13) compensou em proporção similar a diminuição no teor de N com o aumento do potencial mátrico (Tabela 13 e Figura 21), o mesmo acontecendo na parte aérea.

Tabela 13. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de nitrogênio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	^a Total
		----- (g planta ⁻¹) -----				
-10		0,66 $\pm$ 0,16	1,14 $\pm$ 0,06	1,14 $\pm$ 0,04	2,28 $\pm$ 0,10	2,94 $\pm$ 0,20
-30		0,34 $\pm$ 0,06	1,10 $\pm$ 0,23	1,03 $\pm$ 0,12	2,07 $\pm$ 0,28	2,57 $\pm$ 0,07
-50		0,27 $\pm$ 0,04	1,09 $\pm$ 0,10	1,19 $\pm$ 0,07	2,29 $\pm$ 0,14	2,57 $\pm$ 0,13
-70		0,28 $\pm$ 0,11	0,90 $\pm$ 0,07	1,19 $\pm$ 0,09	2,09 $\pm$ 0,15	2,41 $\pm$ 0,17
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,1986**	0,0680**	0,0325*	0,0651 ^{NS}	0,2495**
Resíduo	-	0,0111	0,0114	0,0074	0,0262	0,0278
GL resíduo	-	17	17	18	15	13
GL Total	-	20	20	21	18	16
^b CV (%)	-	26,51	10,18	7,56	7,38	6,34
R. Grau 1	1	0,3786**	0,1314**	0,0245 ^{NS}	0,0284 ^{NS}	0,4568**
R. Grau 2	1	0,1359**	0,0282 ^{NS}	0,0183 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0452 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,9835 ^{NS}	0,0093 ^{NS}	0,0481*	0,1598*	0,0501 ^{NS}
Acúmulo de N (g planta ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 0,8561 + 0,0224x + 0,00020x^2$ (**)				0,7470
Caules		$\hat{y} = 1,2055 + 0,0037x$ (**)				0,7780
Folhas		$\hat{y} = 1,14$ ^{NS}				-
Parte aérea		$\hat{y} = 2,18$ ^{NS}				-
Total		$\hat{y} = 2,9373 + 0,0079x$ (**)				0,8273

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

O acúmulo de nitrogênio em raízes seguiu modelo quadrático (Tabela 13) com mínimo em -56,0 kPa (0,23 g planta⁻¹). A queda percentual entre o maior acúmulo em -10 kPa e o mínimo foi de 64,6%, mas de -56 kPa a -70 kPa ocorreu aumento de 17,4% (ou 0,04 g planta⁻¹).

Maior acúmulo de N em raízes, caules, folhas e planta toda de Hera-japonesa (*Parthenocissus tricuspidata*) foi reportado por WANG et al. (2010), com teores de água no solo entre 5% e 60% da capacidade de campo (CC) aplicada às plantas. Para 100% da CC houve redução do acúmulo de nitrogênio em todas as partes da planta, revelando um efeito negativo do excesso de umidade no solo sobre a absorção e o acúmulo do nitrogênio.

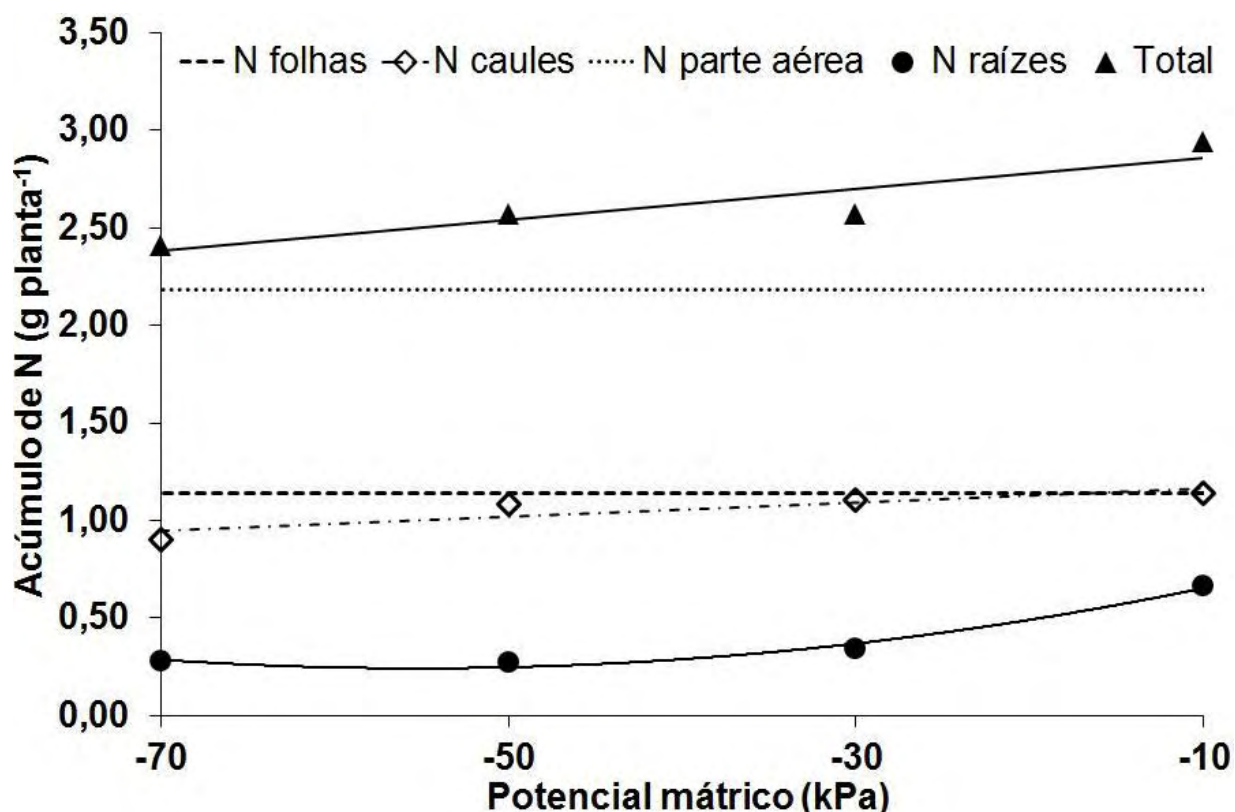


Figura 21. Variação no acúmulo de nitrogênio em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

O nitrogênio é geralmente o nutriente mais requerido pelas culturas e sua absorção ocorre por fluxo de massa, no contato entre as raízes e a solução do solo, e por isso, umidade adequada no solo é necessária (PRADO, 2008). Em condição de seca há redução da mineralização do nitrogênio no solo, o qual por consequência torna-se menos disponível. Além disso, o decréscimo na taxa transpiratória provoca diminuição no transporte de N pelas raízes para a parte aérea (HU & SCHMIDHALTER, 2005). A assimilação e o metabolismo do nitrogênio nas plantas são afetados pelo déficit hídrico e há tendência ao acúmulo do aminoácido prolina nas folhas de vegetais sob essa condição (FERREIRA et al., 2002) e mudança na partição de carbono, com aumento no teor de solutos compatíveis (açúcares), os quais, por sua vez atuam favorecendo a manutenção do crescimento celular (WARAICH et al., 2011).

Considerando as condições de plantio, ambiente e adubação iguais para todas

as plantas, infere-se que a variação no potencial mátrico do solo no intervalo de -10 até -70 kPa não foi suficiente para que as plantas de OPN fossem afetadas por uma possível redução na mineralização do nitrogênio no substrato e nem na absorção de N pelo sistema radicular.

4.8.2 Fósforo (P)

Os teores de P determinados em OPN estão apresentados na Tabela 14 e apenas em caules e parte aérea houve efeito negativo dos tratamentos ($p < 0,05$; Tabela 14), provocando redução linear com a redução do potencial mátrico, à taxas de 0,0108 e 0,0089 mg g⁻¹ kPa⁻¹. Entre o maior e o menor potencial mátrico as reduções foram de cerca de 28% e 23%, respectivamente, nessas partes. Em todos os potenciais mátricos, o teor de fósforo em folhas foi maior que em caules, e estes maiores que em raízes (Figura 22). HU & SCHMIDHALTER (2005) consideram comum a resposta de redução no acúmulo de fósforo em condições de restrição hídrica no solo, que foi observada apenas parcialmente para OPN. Uma possível explicação pode ser dada em função da presença de mucilagem nas folhas (SIERAKOWSKI et al., 1987) que segundo LIEBERSBACH et al. (2004) age como exsudatos moleculares contrariando a tendência de reduzir a mobilidade do fósforo em condição de restrição hídrica. Embora seja requerido em processos fundamentais do metabolismo vegetal, o conhecimento entre as relações desse nutriente e o déficit hídrico é considerado contraditório (HU & SCHMIDHALTER, 2005). WARAICH et al. (2011), em revisão sobre P na planta, comentam que este atua aumentando a condutância estomática, a fotossíntese, a estabilidade das membranas celulares, as relações hídricas e a tolerância à seca. Como não houve efeito do teor de fósforo nas folhas, provavelmente a redução na MSF não foi em função desse nutriente, mas sim de outros fatores que influenciaram a fotossíntese.

Tabela 14. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de fósforo em plantas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico kPa		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
		----- mg g ⁻¹ -----				
-10		1,15 $\pm$ 0,14	2,25 $\pm$ 0,39	2,60 $\pm$ 0,80	2,34 $\pm$ 0,38	2,19 $\pm$ 0,31
-30		1,28 $\pm$ 0,10	2,05 $\pm$ 0,06	2,48 $\pm$ 0,30	2,15 $\pm$ 0,09	2,10 $\pm$ 0,11
-50		1,27 $\pm$ 0,33	2,00 $\pm$ 0,39	2,50 $\pm$ 0,23	2,15 $\pm$ 0,26	2,09 $\pm$ 0,25
-70		1,68 $\pm$ 0,50	1,55 $\pm$ 0,51	2,13 $\pm$ 0,22	1,75 $\pm$ 0,31	1,79 $\pm$ 0,30
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,2809 ^{NS}	0,5182*	0,2493 ^{NS}	0,3662*	0,1472 ^{NS}
Resíduo	-	0,0979	0,1578	0,2071	0,0828	0,0718
GL do resíduo	-	17	18	20	18	16
GL Total	-	20	21	23	21	19
^b CV (%)	-	23,46	20,32	18,73	13,93	13,07
R. Grau 1	1	0,6387*	1,2327*	0,5741 ^{NS}	0,8402**	0,3052 ^{NS}
R. Grau 2	1	0,1061 ^{NS}	0,0833 ^{NS}	0,0938 ^{NS}	0,0779 ^{NS}	0,0542 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0786 ^{NS}	0,0807 ^{NS}	0,0801 ^{NS}	0,0689 ^{NS}	0,0339 ^{NS}
Teor de P (mg g ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 1,34^{NS}$				-
Caules		$\hat{y} = 2,3925 + 0,0108x^{(*)}$				0,8826
Folhas		$\hat{y} = 2,43^{NS}$				-
Parte aérea		$\hat{y} = 2,4571 + 0,0089x^{(**)}$				0,8513
Total		$\hat{y} = 2,04^{NS}$				-

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

Em arroz cultivado sob níveis de irrigação também foi observado maior teor de fósforo na parte aérea das plantas cultivadas sob maior oferta de água e menor grau de compactação do solo (MEDEIROS et al., 2005), assim como em plântulas de *Parthenocissus tricuspidata* cultivada sob cinco regimes hídricos, em raízes e folhas (WANG et al., 2010) e em folhas de plantas de milho, sob diferentes regimes de supressão hídrica (FERREIRA et al., 2008). Para essa última espécie não foi observada diferença entre os teores de fósforo em caules, os quais apresentaram maior concentração nesse órgão do que em folhas e raízes para quatro dos cinco tratamentos.

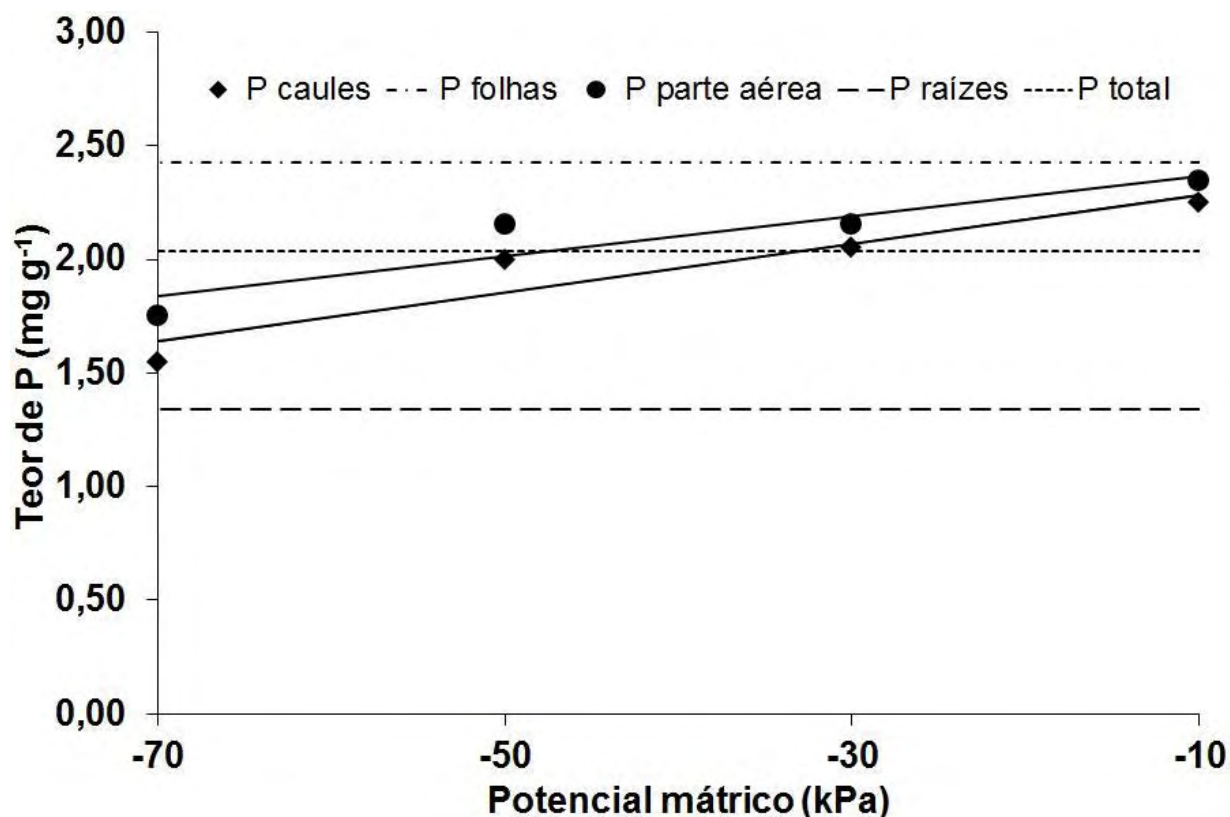


Figura 22. Variação no teor de fósforo em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

O valor médio de teor de P em folhas entre os tratamentos, de 2,4 mg g⁻¹, foi igual ao obtido por DAYRELL & VIEIRA (1977a). No entanto, outros estudos com folhas de OPN revelam teores de P bastante variáveis, com variações maiores do que 100%, como 18-20 mg g⁻¹ (ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA, 1974), 1,56 mg g⁻¹ (TAKEITI et al., 2009) e 4,0 mg g⁻¹ (SILVA et al., 2010).

Considerando-se a presença de fósforo em partes aéreas de plantas alimentícias não convencionais observa-se que a parte aérea da OPN apresenta teor de fósforo menor que os relatados para quatro espécies com potencial para aproveitamento como alimento: *Bidens pilosa* (7,1 mg g⁻¹), *Coronopus didymus* (7,2 mg g⁻¹), *Galinsoga quadriradiata* (8,4 mg g⁻¹) e *Urtica circularis* (8,5 mg g⁻¹)¹ (KINUPP & BARROS, 2008).

¹ Dados convertidos de g 100 g⁻¹ (%) para mg g⁻¹, multiplicando-se por 10

Em relação a hortaliças de consumo comum afirma-se que a parte aérea da OPN possui teor de fósforo inferior às folhas do espinafre cru, acelga, agrião e brócolis, cujos teores de fósforo são respectivamente 4,17; 5,88; 8,36 e 8,86 mg g⁻¹ (NEPA/TACO, 2011)².

De acordo com FURLANI (2004), em plantas, no geral, o teor necessário de fósforo na planta, para uma ótima produção, está entre 2 e 5 g kg⁻¹ de matéria seca. Em média, o teor presente na planta toda neste trabalho (2,04 g kg⁻¹) foi muito próximo ao valor mínimo desse intervalo.

O acúmulo de fósforo (Tabela 15) em todas as partes da planta foi influenciado pelos potenciais mátricos do solo ($p < 0,01$; Tabela 15), e tiveram ajuste quadrático para raízes, decrescente até o mínimo em -50 kPa (0,02 g P planta⁻¹), e para as demais partes da planta, linear decrescente com o decréscimo do potencial mátrico, a taxas diferenciadas para cada parte. As folhas foram o órgão de menor taxa de decréscimo no acúmulo de fósforo (0,00078 g planta⁻¹ kPa⁻¹), implicando em diferença percentual de aproximadamente 34%, contra 64% em caules, 55% em parte aérea e 53% na planta toda. Até o ponto de mínimo em -50 kPa a redução em raízes foi de 50%, para depois, até -70 kPa, ocorrer uma recuperação de 23,5% (Tabela 15 e Figura 23).

Em plantas de *Parthenocissus tricuspidata* o acúmulo de fósforo foi reduzido com a diminuição da oferta de água (até 60% da capacidade de campo – 60% CC), e foi observado menor acúmulo em raízes do que em folhas nos quatro tratamentos mais irrigados, assim como em OPN, neste experimento, independentemente do potencial mátrico no solo. Sob irrigação com 5% da CC (maior restrição hídrica) as folhas da *P. tricuspidata* acumularam menos que as raízes (WANG et al., 2010).

² Dados convertidos de base úmida para base seca, dividindo-se o teor de fósforo em mg por (100-umidade) g⁻¹.

Tabela 15. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de fósforo em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
		----- (g planta ⁻¹) -----				
-10		0,03 $\pm$ 0,01	0,35 $\pm$ 0,07	0,14 $\pm$ 0,05	0,49 $\pm$ 0,10	0,53 $\pm$ 0,10
-30		0,02 $\pm$ 0,00	0,22 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,01	0,32 $\pm$ 0,04	0,33 $\pm$ 0,05
-50		0,02 $\pm$ 0,00	0,22 $\pm$ 0,05	0,12 $\pm$ 0,01	0,34 $\pm$ 0,04	0,35 $\pm$ 0,05
-70		0,02 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,04	0,09 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,03	0,23 $\pm$ 0,03
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0005**	0,0541**	0,0029*	0,0848**	0,0867**
Resíduo	-	0,0000	0,0028	0,0007	0,0036	0,0044
GL resíduo	-	17	18	20	18	16
GL Total	-	20	21	23	21	19
^b CV (%)	-	24,22	23,18	22,58	17,55	17,82
R. Grau 1	1	0,0009**	0,1279**	0,0072**	0,1946**	0,1822**
R. Grau 2	1	0,0004**	0,0013 ^{NS}	0,0000 ^{NS}	0,0017 ^{NS}	0,0055 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0001 ^{NS}	0,0153*	0,0014 ^{NS}	0,0304**	0,0295*
Acúmulo de P (g planta ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 0,0444 + 0,0011x + 0,000011x^2$ (**)				0,9459
Caules		$\hat{y} = 0,3650 + 0,0035x$ (**)				0,8856
Folhas		$\hat{y} = 0,1456 + 0,00078x$ (**)				0,8369
Parte aérea		$\hat{y} = 0,5102 + 0,0043x$ (**)				0,8584
Total		$\hat{y} = 0,5376 + 0,0044x$ (**)				0,8388

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

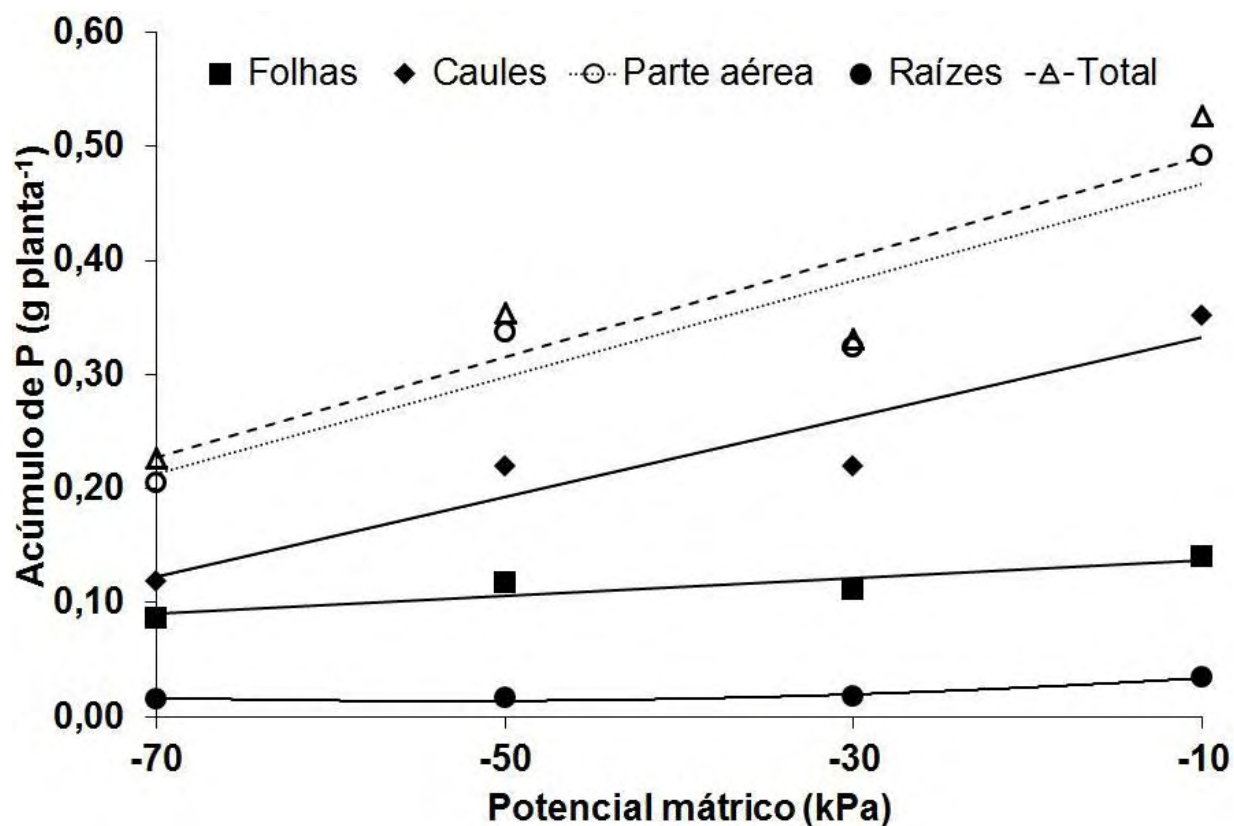


Figura 23. Acúmulo de fósforo em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplante.

4.8.3 Potássio (K)

A variação no potencial mátrico do solo provocou diferença no teor de K em folhas ($p < 0,05$), caules ($p < 0,01$), parte aérea ($p < 0,01$) e planta toda ($p < 0,01$) de OPN, mas não em raízes (Tabela 16). Entre as partes da planta, as folhas apresentaram maior teor de potássio, seguidas de caules e raízes (Figura 24).

Tabela 16. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de potássio em plantas de Ora-pro-nóbis, aos 140 dias após o transplante, em base seca a 65 °C, em função do potencial mátrico no solo.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
----- (mg g ⁻¹) -----						
-10		8,90 $\pm$ 0,42	15,75 $\pm$ 1,17	24,25 $\pm$ 1,37	17,94 $\pm$ 1,00	17,08 $\pm$ 0,93
-30		9,10 $\pm$ 0,42	17,83 $\pm$ 1,17	23,33 $\pm$ 0,61	19,41 $\pm$ 0,82	18,39 $\pm$ 0,79
-50		9,00 $\pm$ 0,89	17,83 $\pm$ 1,83	22,67 $\pm$ 0,52	19,27 $\pm$ 1,37	18,50 $\pm$ 1,28
-70		9,42 $\pm$ 1,16	19,75 $\pm$ 0,94	24,08 $\pm$ 1,07	21,25 $\pm$ 0,58	20,25 $\pm$ 0,68
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,2859 ^{NS}	16,0139**	3,1944*	11,0460**	9,3841**
Resíduo	-	0,6727	1,7458	0,9125	0,9736	0,9162
GL Resíduo	-	18	20	20	20	18
Total GL	-	21	23	23	23	21
^b CV %	-	9,00	7,43	4,05	5,07	5,14
R. Grau 1	1	0,5734 ^{NS}	43,2000**	0,4083 ^{NS}	28,5188**	25,0996**
R. Grau 2	1	0,0640 ^{NS}	0,0417 ^{NS}	8,1667**	0,4004 ^{NS}	0,2721 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,1819 ^{NS}	4,8000 ^{NS}	1,0083 ^{NS}	4,2188*	2,3254 ^{NS}
Teor de K (mg g ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Raízes	$\hat{y} = 9,10^{NS}$					-
Caules	$\hat{y} = 15,3917 - 0,0600x^{(**)}$					0,8992
Folhas	$\hat{y} = 25,4208 + 0,1225x + 0,0015x^2^{(**)}$					0,8948
Parte aérea	$\hat{y} = 17,5208 - 0,0488x^{(**)}$					0,8606
Total	$\hat{y} = 16,6347 - 0,0480x^{(**)}$					0,9062

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

Houve aumento linear no teor de potássio em caules, parte aérea e planta toda, à taxas de 0,0600, 0,0488 e 0,0480 mg g⁻¹ kPa⁻¹, respectivamente, na medida em que o potencial mátrico do solo foi reduzido de -10 para -70 kPa. Para as folhas, o menor teor de potássio foi determinado no potencial -40,8 kPa (Figura 24; 22,92 mg g⁻¹). No maior e no menor potencial mátrico os teores de potássio foram apenas cerca de 5 e 6% superiores ao teor mínimo. Embora não influenciado pelos potenciais mátricos do solo, destaca-se que o teor de potássio em raízes foi o mais baixo entre as partes da planta (em média 9,1 mg g⁻¹). O teor de potássio em tecidos vegetais, abaixo de 10 mg g⁻¹ é considerado crítico, com possível aparecimento de sintomas de deficiência (MARKUS & PASKAL, 2007).

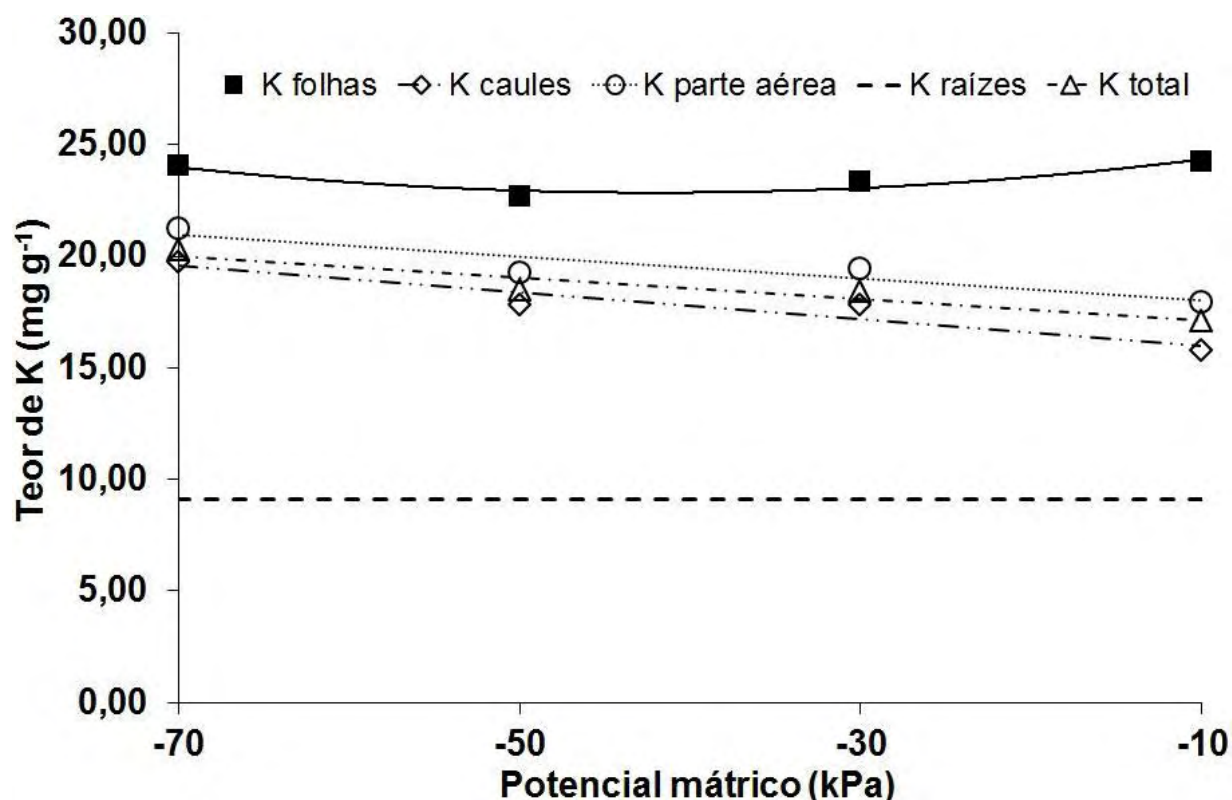


Figura 24. Teor de potássio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

O potássio é um nutriente essencial cujas funções relacionam-se à síntese de proteínas, à fotossíntese, a mediação osmótica durante a expansão celular e pode ser considerado mais importante que a produção de solutos compatíveis. Sob condição de déficit hídrico é considerado importante para manutenção da pressão de turgor celular, mas sua redução é esperada nessa condição em função da diminuição da sua mobilidade (HU & SCHIMDHALTER, 2005), o que não ocorreu nas plantas de OPN, visto que para caules, parte aérea e planta toda de OPN houve aumento do teor de potássio com a redução do potencial mátrico no solo, associado à constância desse teor em raízes, exceto pelo decréscimo em folhas no intervalo entre -10 e -40,8 kPa. Uma explicação para isso poderia ser dada em função da hipótese de que sob condição de estresse hídrico a necessidade de absorção de potássio pela planta aumentasse, para manter a fixação do CO₂ e reduzir os danos causados pela oxidação provocada pela formação de espécies reativas de oxigênio por ocasião do fechamento estomático

em consequência desse tipo de estresse (WARAICH et al., 2011).

É possível que a manutenção da capacidade de absorção de potássio, mesmo em potenciais mátricos mais baixos, tenha influenciado positivamente na redução dos efeitos adversos do secamento do solo no crescimento das plantas (SANGAKKARA et al., 2001), e auxiliado na manutenção da resistência à seca principalmente em função da regulação osmótica (FANQUIN, 2005). Em grãos de soja, SERAFIM et al. (2012) observaram redução dos efeitos do déficit hídrico em função da adubação potássica. Em estudo com adubação e supressão de irrigação em duas variedades de milho híbrido, FERREIRA et al. (2008) concluíram que a deficiência hídrica afeta mais o crescimento que a absorção de nutrientes, embora tenham detectado nos tecidos avaliados (folhas, colo e raízes) aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo para os dois híbridos estudados e de potássio para um deles, como efeito da supressão da irrigação. Entretanto, em milho não houve reflexo positivo no crescimento de plantas submetidas à déficit hídrico em função da adubação potássica (VILELA & BÜLL, 1999). Em cultivo de arroz a maior disponibilidade hídrica aumentou o teor de potássio na parte aérea das plantas (MEDEIROS et al., 2005).

Em plantas de *Parthenocissus tricuspidata*, cultivada sob diferentes regimes hídricos o teor de potássio em todos os tratamentos foi maior em raízes, seguido por caules e folhas, exceto para 60% da CC, em que o teor em caules superou o de raízes. Em relação ao déficit hídrico, para raízes e folhas houve redução do teor com a redução da oferta de água e não houve diferença significativa quanto aos caules (WANG et al., 2010), resultados que diferem do observado para OPN em relação aos teores (folhas>caules>raízes) e quanto à resposta ao déficit hídrico pois apenas em folhas o teor foi reduzido em parte do intervalo de potencial mátrico estudado. As diferenças apresentadas nos resultados experimentais utilizando formas de restrição hídrica (*Parthenocissus tricuspidata* x *Pereskia aculeata*) revelam a complexidade das interações substrato-nutriente-plantas, pois ora os resultados são concordantes (observado para o fósforo), ora são discordantes (observado para o potássio).

Os teores de potássio em parte aérea de OPN encontrados neste trabalho (18,0 – 21,0 mg g⁻¹) são menores que os obtidos em parte aérea de outras fontes

vegetais não convencionais, mas potenciais para serem usadas como alimento, tais como *Bidens pilosa* (30 mg g⁻¹), *Coronopus didymus* (40 mg g⁻¹), *Galinsoga quadriradiata* (29 mg g⁻¹), *Parietaria debilis* (27 mg g⁻¹) e *Urtica circularis* (33 mg g⁻¹)³ (KINUPP & BARROS, 2008). As folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) (26,85 mg g⁻¹) e serralha (*Sonchus oleraceus* L.) (27,04 mg g⁻¹) (NEPA/UNICAMP, 2008)⁴ apresentam teor de potássio próximo ao encontrado nas folhas de OPN neste estudo. Os teores de potássio em fontes convencionais como couve (44,29 mg g⁻¹), chicória (86,73 mg g⁻¹) e repolho branco (28,30 mg g⁻¹) são superiores aos obtidos em folhas de OPN (23 – 24 mg g⁻¹) nas condições deste experimento.

Comparando-se o teor de potássio já relatado na literatura em folhas de OPN, os teores encontrados neste trabalho são inferiores aos já relatados por TAKEITI et al. (2009) (155,43 mg g⁻¹) e SILVA et al. (2010) (79,7 mg g⁻¹), o que pode estar relacionado tanto às diferentes condições de cultivo, ambiente, idade da planta, entre outros, quanto a variações nas características genéticas das plantas.

O teor de potássio determinado para planta toda da OPN foi inferior ao intervalo ótimo para o crescimento (20 – 50 mg g⁻¹ de matéria seca) (FURLANI, 2004), até o potencial de -50 kPa. A partir daí até -70 kPa o teor se aproxima do mínimo teórico necessário para uma boa produção.

O acúmulo de potássio (Tabela 17) sofreu influência dos potenciais mátricos no solo ($p < 0,01$, Tabela 17) em todas as partes e na planta toda. Em raízes e folhas de acordo com modelo quadrático significativo, com mínimos em -60,8 kPa e -64,3 kPa (Figura 25), para os quais o acúmulo foi de 0,10 e 0,99 mg K planta⁻¹, respectivamente, que correspondem a quedas percentuais de 60% e 22,7% em relação ao potencial de maior acúmulo (-10 kPa). Do menor acúmulo em raízes e folhas (ponto crítico de mínimo) para o potencial mátrico -70 kPa, as massas acumuladas de potássio nessas partes permaneceram praticamente constantes. Houve queda linear no acúmulo de potássio com a redução do potencial mátrico para caules, parte aérea e planta toda, a taxas de 0,0175, 0,0190 e 0,0227 mg K g⁻¹ kPa⁻¹ (Figura 25), com diferenças

³ Dados convertidos de g 100 g⁻¹ (%) para mg g⁻¹, multiplicando-se por 10.

⁴ Dados convertidos de base úmida para base seca, dividindo-se o teor de potássio em mg por (100-umidade) g⁻¹.

percentuais equivalentes a 3,8%, 31,3% e 34,5%, respectivamente, entre o potencial de maior acúmulo (-10 kPa) e o de menor acúmulo de potássio (-70 kPa).

Redução no acúmulo de potássio também foi observada em sete entre oito variedades de folhas de beterraba, tratadas com redução de potencial mátrico com uso de polietilenoglicol (MAKSIMOVIC et al., 2003); em raízes, caules, folhas, pecíolos e toda planta de *P. tricuspidata*, até 60% da CC (WANG et al., 2010).

Tabela 17. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de potássio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
		----- (g planta ⁻¹) -----				
-10		0,26 $\pm$ 0,06	2,45 $\pm$ 0,21	1,30 $\pm$ 0,08	3,75 $\pm$ 0,21	4,04 $\pm$ 0,21
-30		0,14 $\pm$ 0,03	1,97 $\pm$ 0,25	1,05 $\pm$ 0,11	3,02 $\pm$ 0,36	3,29 $\pm$ 0,21
-50		0,12 $\pm$ 0,02	1,95 $\pm$ 0,17	1,07 $\pm$ 0,06	3,02 $\pm$ 0,20	3,13 $\pm$ 0,19
-70		0,10 $\pm$ 0,03	1,51 $\pm$ 0,08	0,98 $\pm$ 0,05	2,49 $\pm$ 0,10	2,59 $\pm$ 0,10
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0269**	0,8854**	0,1182**	1,6177**	1,9616**
Resíduo	-	0,0014	0,0361	0,0063	0,0563	0,0332
GL resíduo	-	18	20	20	10	18
GL Total	-	21	23	23	23	21
^b CV (%)	-	24,89	9,64	7,23	7,73	5,65
R. Grau 1	1	0,0696**	2,4225**	0,2746**	4,3130**	5,6098**
R. Grau 2	1	0,0125**	0,0040 ^{NS}	0,0368*	0,0661 ^{NS}	0,0586 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0017 ^{NS}	0,2297*	0,0433*	0,4750**	0,2641*
Variáveis (g planta ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Raízes	$\hat{y} = 0,3192 + 0,0073x + 0,000060x^2(**)$					0,9800
Caules	$\hat{y} = 2,5388 + 0,0142x(**)$					0,9120
Folhas	$\hat{y} = 1,3974 + 0,0126x + 0,000098x^2(*)$					0,8779
Parte aérea	$\hat{y} = 3,8279 + 0,0190x(**)$					0,8887
Total	$\hat{y} = 4,1697 + 0,0227x(**)$					0,9456

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

A queda observada no acúmulo de potássio, mesmo tendo havido aumento na concentração em caules, parte aérea e planta toda é um reflexo da extensa redução da massa seca observada com o decréscimo do potencial mátrico. O acúmulo de potássio

pelas folhas da OPN variou entre 1,0 e 1,3 g planta⁻¹ e a exigência nutricional da planta toda, considerando o período vegetativo de 140 dias compreendeu o intervalo entre 17,1 e 20,0 g planta⁻¹, em função do potencial mátrico no solo. Considerando apenas as partes (raízes, caules e folhas) o maior acúmulo foi em caules e o menor em raízes.

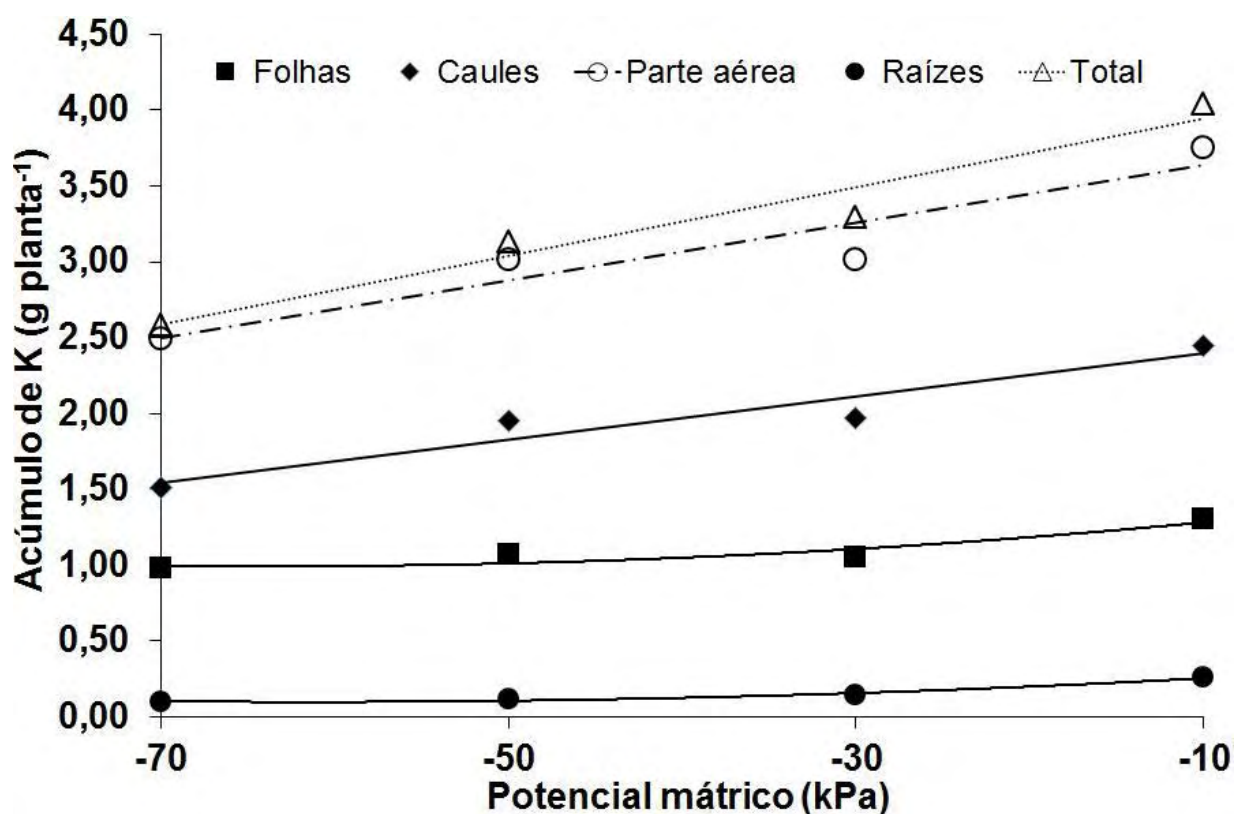


Figura 25. Acúmulo de potássio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

4.8.4 Cálcio (Ca)

O teor de cálcio (Tabela 18) no período de observação considerado não foi influenciado pelos potenciais mátricos no solo em raízes, caules e folhas ($p > 0,05$; Tabela 18), mas sim em parte aérea e total das plantas de OPN ($p < 0,01$; Tabela 18). As folhas foram o órgão com maior teor de cálcio, cerca de 5,5 vezes o teor encontrado em caules e raízes, e em caules foi apenas 13% maior do que em raízes (folhas >> caules > raízes).

Tabela 18. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de cálcio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
----- (mg g ⁻¹) -----						
-10		9,68 $\pm$ 1,60	10,02 $\pm$ 0,56	55,77 $\pm$ 6,98	21,59 $\pm$ 1,67	20,04 $\pm$ 1,44
-30		10,28 $\pm$ 0,73	11,67 $\pm$ 1,66	58,85 $\pm$ 0,87	24,66 $\pm$ 1,35	23,37 $\pm$ 1,38
-50		9,06 $\pm$ 0,62	12,03 $\pm$ 1,83	56,10 $\pm$ 2,57	25,27 $\pm$ 1,29	23,91 $\pm$ 1,30
-70		10,15 $\pm$ 1,22	10,55 $\pm$ 1,08	54,38 $\pm$ 3,92	25,70 $\pm$ 1,10	24,40 $\pm$ 0,91
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	1,6469 ^{NS}	4,9321 ^{NS}	16,1738 ^{NS}	18,3372**	20,1526**
Resíduo	-	1,2855	1,9805	19,7718	1,8269	1,5755
GL Resíduo	-	19	19	18	17	16
GL Total	-	22	22	21	20	19
^b CV (%)	-	11,54	12,66	7,93	5,54	5,46
R. Grau 1	1	0,0089 ^{NS}	1,0939 ^{NS}	12,6960 ^{NS}	43,2153**	45,6634**
R. Grau 2	1	0,3430 ^{NS}	13,9956*	30,7200 ^{NS}	9,1007*	9,7261*
R. Grau 3	1	4,8891 ^{NS}	0,0928 ^{NS}	12,5736 ^{NS}	1,2023 ^{NS}	1,9223 ^{NS}
Teor de Ca (mg g ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Raízes	$\hat{y} = 9,79^{NS}$					-
Caules	$\hat{y} = 11,07^{NS}$					-
Folhas	$\hat{y} = 56,28^{NS}$					-
Parte aérea	$\hat{y} = 19,8699 - 0,1986x - 0,0017x^{2(*)}$					0,9775
Total	$\hat{y} = 18,2643 - 0,2092x - 0,0018x^{2(*)}$					0,9665

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

Tanto em parte aérea quanto na planta toda de OPN a regressão polinomial seguiu modelo quadrático (Tabela 18 e Figura 26) com pontos de máximo para ambas em -58 kPa e teores de cálcio de 25,7 e 24,3 mg g⁻¹, respectivamente. A partir de -58 kPa até -70 kPa praticamente não houve variação no teor de cálcio e o incremento percentual entre os teores de cálcio no maior potencial mátrico e no ponto de máximo foram iguais a 18,4% para a parte aérea e 20,6% para a planta toda.

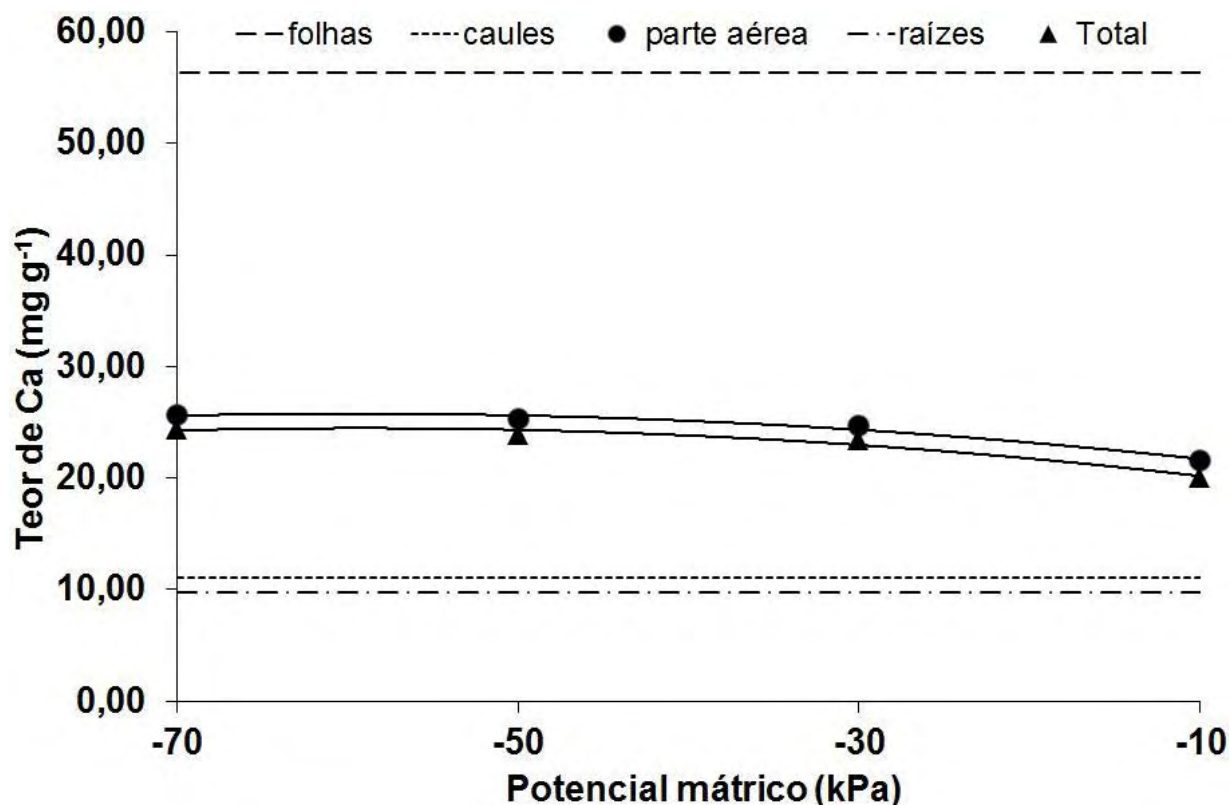


Figura 26. Teor de cálcio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

Em folhas de OPN é possível afirmar que os teores de Ca obtidos sob os potenciais mátricos neste experimento (em média 56 mg g⁻¹) são maiores que os determinados por ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA (1974) (28 – 34 mg g⁻¹) e DAYRELL & VIEIRA (1977a) (31,9 mg g⁻¹), mais próximo ao determinado por SILVA et al. (2010) (61,3 mg g⁻¹)⁵ e muito abaixo do determinado por TAKEITI et al. (2009) (325,71 mg g⁻¹)⁶.

De acordo com von FIRCKS et al. (2001) em folhas é comum o acúmulo de Ca ao longo do tempo, em plantas de *Salix dasyclados* em maior concentração do que em raízes e caules, conforme foi verificado também para OPN neste estudo. O teor de Ca em folhas para OPN foi maior cerca de 5 vezes o presente em caules e 6 vezes o presente em raízes, independentemente do potencial mátrico do solo, entre -10 kPa e -70 kPa.

⁵ Todos os dados do parágrafo foram convertidos de g 100 g⁻¹ (%) para mg g⁻¹, multiplicando-se por 10.

⁶ Todos os dados da referência TAKEITI et al. (2009) foram convertidos de base seca para base úmida e de mg 100 g⁻¹ para mg g⁻¹ dividindo-se o teor de cálcio em mg por 10,5, que corresponde a diferença entre 100 e a umidade 89,5%.

O mínimo teor de cálcio necessário para um crescimento adequado das plantas ($10 - 50 \text{ g Ca kg}^{-1}$ de matéria seca) (FURLANI, 2004), foi encontrado na planta em todos os potenciais mátricos. É possível inferir que a quantidade de cálcio foi suficiente para suprir a planta dentro do intervalo de potencial mátrico estudado, na fase vegetativa, com maior acúmulo nas folhas pela sua presença em boa concentração no xilema e pela ausência de frutos (drenos), já que no floema a concentração de cálcio é muito pequena e a redistribuição também é pequena (FANQUIN, 2005).

Assim como para nitrogênio, fósforo e potássio, também existe a previsão de redução na absorção de cálcio sob condição de déficit hídrico (HU & SCHMIDHALTER; 2005), mas para OPN não houve distinção no teor de íons cálcio em função da variação dos potenciais mátricos em raízes, caules ou folhas. Entretanto, houve incremento no teor se considerados a parte aérea ou a planta toda. Esse resultado pode indicar que o intervalo de potencial mátrico não provocou redução na disponibilidade desse íon na solução do solo ou a planta mantém e/ou aumenta a capacidade de absorvê-los, visto que o mesmo foi observado para nitrogênio e potássio (planta toda). Apenas para o fósforo não houve aumento no teor na planta em função do potencial mátrico.

O alto teor de cálcio nas folhas de OPN pode ter sido um dos fatores responsáveis pela manutenção do turgor e do crescimento celular, visto que é considerado um mediador na resposta ao estresse e atua na aclimação das plantas sob essa condição (WARAICH et al., 2011). Possíveis mecanismos de ação do cálcio contra os efeitos do estresse hídrico envolvem a manutenção da membrana celular, ativação de enzimas como a ATPase que atua recapturando os íons perdidos durante os períodos de estresse, além da ligação com a calmodulina que controla as atividades metabólicas da planta e aumenta o crescimento sob essa condição (PRADO, 2008; WARACH et al., 2011).

O acúmulo de cálcio nas plantas de OPN (Tabela 19) foi significativo ($p < 0,01$; Tabela 19, Figura 27) para raízes (ajuste de regressão quadrático, com mínimo em $-57,93 \text{ kPa}$ e acúmulo de $0,10 \text{ g Ca}$), caules, folhas, parte aérea e planta toda (com equações de regressão lineares, decrescentes à taxas de $0,0109$; $0,0117$; $0,0216$ e $0,0247 \text{ g g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, respectivamente, com o decréscimo do potencial mátrico).

A acumulação de cálcio nas folhas de OPN variou entre 2,3 e 3,0 g planta⁻¹ e a exigência nutricional da planta toda, considerando o período vegetativo de 140 dias compreendeu o intervalo entre 3,2 e 4,7 g planta⁻¹, em função do potencial mátrico no solo (Tabela 19).

Entre as partes da OPN (raízes, caules e folhas), as folhas foram o órgão que apresentou a o maior acúmulo e entre folhas e caules as taxas de aumento foram semelhantes (0,011 e 0,012 g kPa⁻¹, respectivamente), revelando que a folha é uma boa fonte desse mineral, já que pode ser consumida mesmo *in natura* como hortaliça.

Tabela 19. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de cálcio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
		----- (g planta ⁻¹) -----				
-10		0,29 $\pm$ 0,07	1,55 $\pm$ 0,10	2,98 $\pm$ 0,31	4,49 $\pm$ 0,28	4,47 $\pm$ 0,32
-30		0,15 $\pm$ 0,04	1,29 $\pm$ 0,24	2,63 $\pm$ 0,37	3,85 $\pm$ 0,60	4,01 $\pm$ 0,64
-50		0,12 $\pm$ 0,01	1,32 $\pm$ 0,20	2,64 $\pm$ 0,05	3,95 $\pm$ 0,18	4,03 $\pm$ 0,17
-70		0,11 $\pm$ 0,04	0,81 $\pm$ 0,10	2,20 $\pm$ 0,08	3,01 $\pm$ 0,12	3,12 $\pm$ 0,15
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0444**	0,5386**	0,6199**	2,0814**	2,5172**
Resíduo	-	0,0022	0,0310	0,0507	0,0950	0,1168
GL Resíduo	-	19	19	18	17	16
GL Total	-	22	22	21	20	19
^b CV (%)	-	27,90	14,35	8,78	8,13	8,69
R. Grau 1	1	0,1031**	1,3533**	1,4695**	4,7719**	5,9607**
R. Grau 2	1	0,0244**	0,0886 ^{NS}	0,0102 ^{NS}	0,1158 ^{NS}	0,0279 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0019 ^{NS}	0,1895*	0,1739 ^{NS}	0,8216**	0,7185*
Acúmulo de Ca (g planta ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 0,3765 + 0,0095x + 0,000082x^2$ (**)				0,9854
Caules		$\hat{y} = 1,6764 + 0,0109x$ (**)				0,8296
Folhas		$\hat{y} = 3,0839 + 0,0117x$ (**)				0,8887
Parte aérea		$\hat{y} = 4,6898 + 0,0216x$ (**)				0,8358
Total		$\hat{y} = 4,9667 + 0,0247x$ (**)				0,8887

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

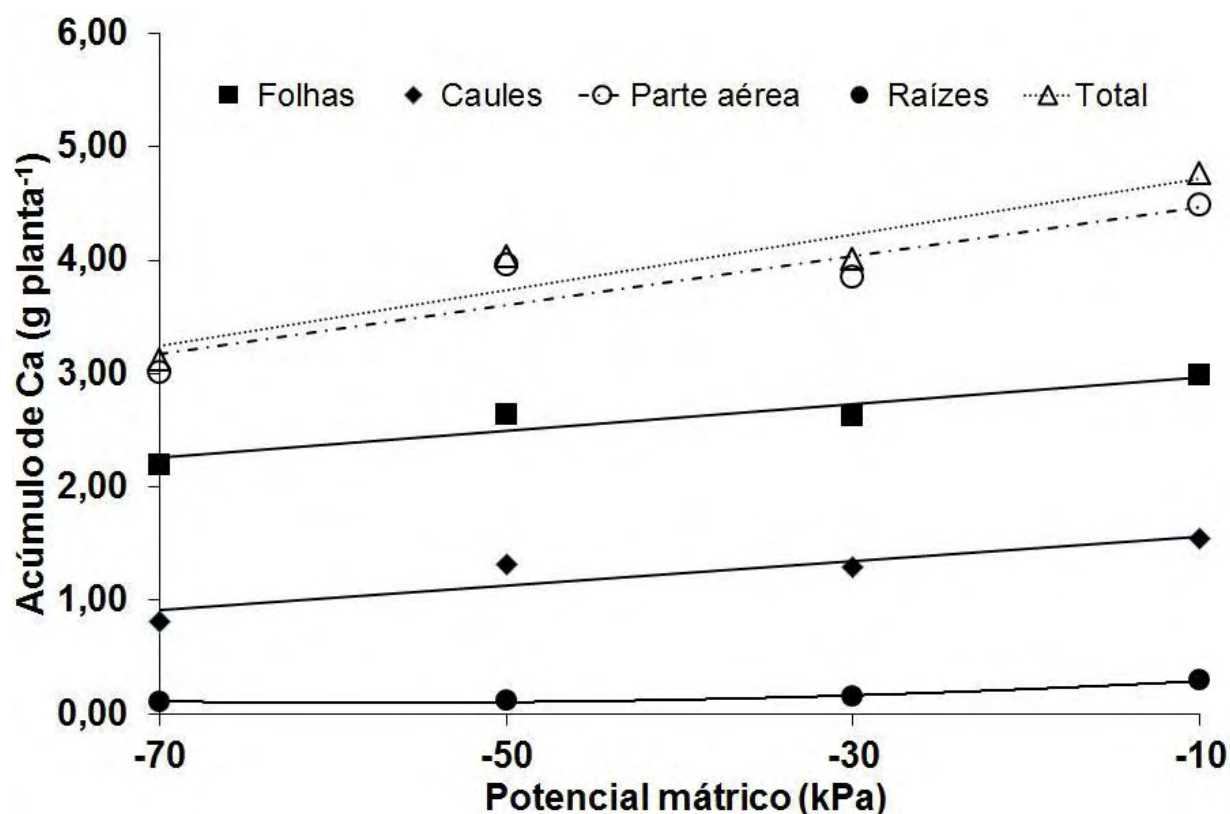


Figura 27. Acúmulo de cálcio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

4.8.5 Magnésio (Mg)

As folhas foram o órgão de maior concentração de Mg, cerca de 5 a 8 vezes mais que nos caules e cerca de 3,5 vezes mais que as raízes, embora não tenha sido influenciado pelos potenciais mátricos do solo entre -10 e -70 kPa (Tabela 20). Esse resultado indica que a diminuição do potencial mátrico até -70 kPa não afetou a capacidade de absorção de Mg, que ocorre por fluxo de massa (85%) e depende da corrente transpiratória (PRADO, 2008), que permaneceu semelhante às folhas das plantas conduzidas sob potencial mátrico de -10 kPa.

Como o magnésio tem papel fundamental na ativação de enzimas e é o átomo central da molécula de clorofila, sua deficiência pode causar clorose (PRADO, 2008), o que não foi observada durante o cultivo das plantas.

Tabela 20. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o teor de magnésio em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas	Parte aérea	Total
		----- (mg g ⁻¹) -----				
-10		4,47 $\pm$ 0,21	2,10 $\pm$ 0,00	16,63 $\pm$ 2,25	5,77 $\pm$ 0,61	5,59 $\pm$ 0,53
-30		5,60 $\pm$ 0,08	2,65 $\pm$ 0,26	18,32 $\pm$ 0,19	7,16 $\pm$ 0,45	7,09 $\pm$ 0,46
-50		5,55 $\pm$ 0,20	2,78 $\pm$ 0,35	18,22 $\pm$ 0,58	7,35 $\pm$ 0,32	7,21 $\pm$ 0,30
-70		5,12 $\pm$ 0,71	3,53 $\pm$ 0,20	18,42 $\pm$ 1,06	8,68 $\pm$ 0,33	8,38 $\pm$ 0,27
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	1,5260**	1,7690**	4,1977 ^{NS}	6,9127**	6,1564**
Resíduo	-	0,1643	0,0643	1,8099	0,1775	0,1526
GL Resíduo	-	18	18	18	16	15
GL Total	-	21	21	21	19	18
^b CV (%)	-	7,88	8,97	7,53	5,70	5,42
R. Grau 1	1	0,9627*	5,2412**	7,5170 ^{NS}	19,5075**	16,4580**
R. Grau 2	1	3,2726**	0,0533 ^{NS}	3,0274 ^{NS}	0,0047 ^{NS}	0,1244 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,1707 ^{NS}	0,2847*	1,1837 ^{NS}	1,3049*	1,2546*
Teor de Mg (mg g ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 3,7263 - 0,0878x - 0,00098x^2$ (**)				0,9613
Caules		$\hat{y} = 1,8800 - 0,0222x$ (**)				0,9394
Folhas		$\hat{y} = 17,90$ ^{NS}				-
Parte aérea		$\hat{y} = 5,4596 - 0,0446x$ (**)				0,9371
Total		$\hat{y} = 5,3764 - 0,0422x$ (**)				0,9227

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

Em raízes, o teor de magnésio revelou-se maior em potenciais mátricos intermediários, representado por curva quadrática com ponto de máximo em -44,8 kPa e teor equivalente a 5,7 mg g⁻¹ (Figura 28). Entre -10 kPa e -44,8 kPa ocorreu aumento de 26,2% na concentração de magnésio e a partir do máximo ocorreu decréscimo de 10,9% até -70 kPa. A expectativa de redução nos teores de Mg citada por HU & SCHMIDHALTER (2005) não se verificou nas plantas de OPN, para caules, parte aérea e planta toda neste experimento, pois a redução do potencial mátrico causou aumento dos teores desse mineral (Figura 28), além das folhas, em que o teor do mineral permaneceu inalterado na faixa de potenciais mátricos estudados.

Em caules, parte aérea e planta toda, as taxas de aumento no teor de magnésio

foram 0,0222, 0,0446 e 0,0422 $\text{mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, respectivamente, com a diminuição do potencial mátrico, causando diferença percentual entre o potencial -70 kPa e -10 kPa de cerca de 39% para caules, 31,2% para parte aérea e 30,3% para planta toda.

O teor médio de Mg em folhas encontrado neste estudo (17,9 mg g^{-1} ; Tabela 20 e Figura 28) foi superior ao encontrado por TAKEIT et al. (2009), 4,42 mg g^{-1} , e próximo ao quantificado por SILVA et al. (2010), de 18,7 mg g^{-1} .

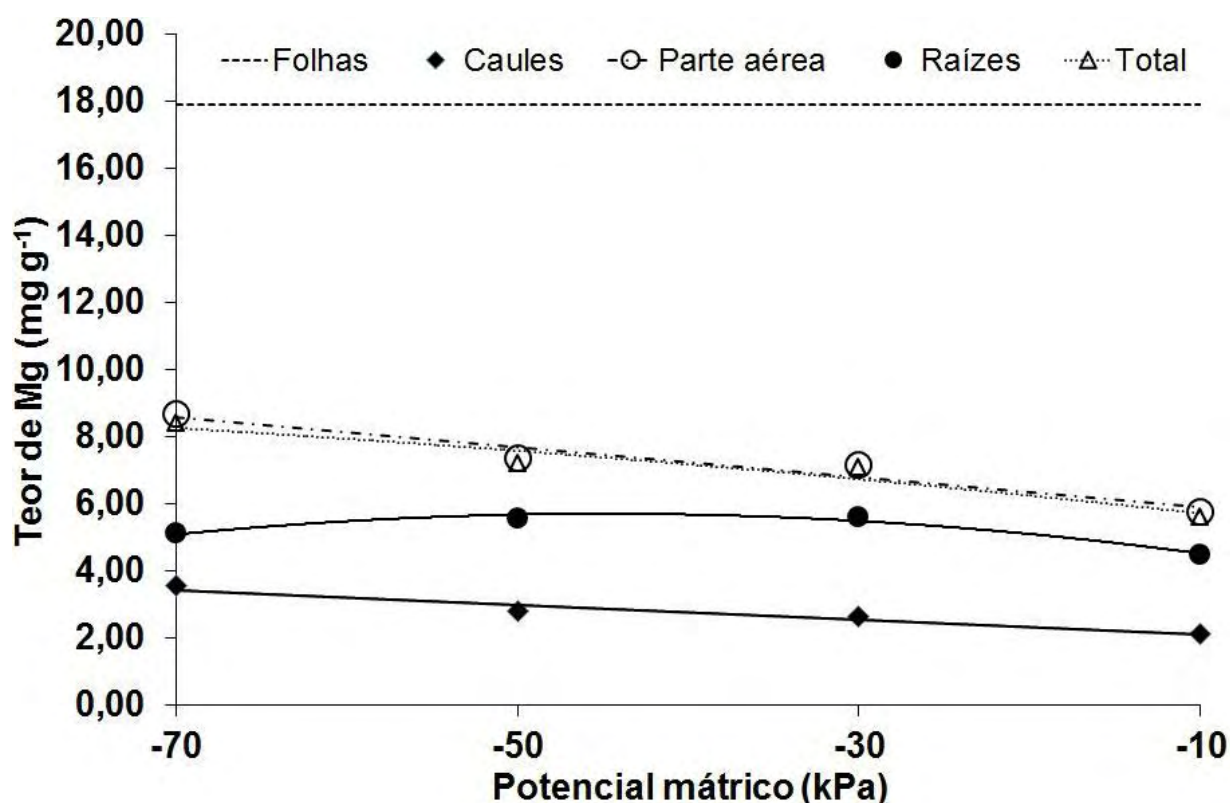


Figura 28. Teor de magnésio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplantio.

Os vegetais, juntamente com leite e cereais, são os principais responsáveis pelo suprimento diário de Mg ao organismo humano, viabilizando um grande número de processos metabólicos nos quais o Mg atua como coenzima específica (FRANCO, 2002). O teor médio de magnésio de 17,9 mg g^{-1} encontrado nas folhas de OPN neste trabalho é superior aos encontrados em uma grande variedade de vegetais tanto convencionais quanto não convencionais, tais como alface americana (1,20 mg g^{-1}), em

brócolis ($3,41 \text{ mg g}^{-1}$), couve manteiga ($3,85 \text{ mg g}^{-1}$), espinafre ($13,67 \text{ mg g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2008), urtiga-mansa (*Phenax uliginosus*) ($3,85 \text{ mg g}^{-1}$) e em erva-das-pombas (*Chamissoa altíssima*) ($3,85 \text{ mg g}^{-1}$) (KINUPP & BARROS, 2008), mostrando ser uma boa fonte desse mineral.

Em todos os tratamentos o teor de magnésio na planta toda foi inferior ao mínimo considerado para uma produção ótima para plantas em geral ($15 - 35 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca) por FURLANI (2004). Entretanto, de acordo com a consideração de PRADO (2008), em que o teor total de magnésio em plantas varia entre $1,5$ e $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, o teor das plantas de OPN estaria acima do máximo estabelecido como média (pois os valores podem variar também em função de outros fatores), mesmo no potencial mátrico -10 kPa (menor teor quantificado).

O acúmulo de magnésio nas plantas de OPN (Tabela 21) foi influenciado pelos tratamentos, exceto para caules (Tabela 21 e Figura 29), com redução linear no acúmulo para folhas, parte aérea e planta toda, à taxas de $0,0021$; $0,0026$ e $0,0037 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, que produziram diferenças percentuais de $14,1$; $13,0$ e $16,9$ entre -10 kPa (maior acúmulo) e -70 kPa (menor acúmulo).

As folhas acumularam mais magnésio que os caules e estes mais do que as raízes em todos os tratamentos.

As raízes, embora tenham tido resposta de acúmulo melhor descrita pela regressão de grau 2 (Tabela 21), praticamente não apresentaram variação entre o ponto de mínimo ($-63,2 \text{ kPa}$; $0,06 \text{ mg planta}^{-1}$) e o menor potencial mátrico, mas sim redução no acúmulo entre -10 kPa e $-63,2 \text{ kPa}$, equivalente a $46,2\%$ ou $0,06 \text{ mg planta}^{-1}$.

Tabela 21. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de magnésio em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas (g planta ⁻¹)	Parte aérea	Total
-10		0,14 $\pm$ 0,03	0,32 $\pm$ 0,02	0,89 $\pm$ 0,10	1,20 $\pm$ 0,12	1,33 $\pm$ 0,16
-30		0,08 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,04	0,83 $\pm$ 0,09	1,12 $\pm$ 0,13	1,19 $\pm$ 0,17
-50		0,07 $\pm$ 0,01	0,30 $\pm$ 0,03	0,85 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,03	1,22 $\pm$ 0,02
-70		0,05 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,02	0,75 $\pm$ 0,02	1,02 $\pm$ 0,02	1,07 $\pm$ 0,03
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0078**	0,0023 ^{NS}	0,0224*	0,0304*	0,0550*
Resíduo	-	0,0005	0,0008	0,0052	0,0076	0,0109
GL resíduo	-	18	18	18	16	15
GL Total	-	21	21	21	19	18
^b CV (%)	-	25,32	9,60	8,75	7,83	8,80
R. Grau 1	1	0,0175**	0,0049*	0,0990**	0,0671**	0,1277**
R. Grau 2	1	0,0022*	0,0000 ^{NS}	0,0021 ^{NS}	0,0032 ^{NS}	0,0002 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0012 ^{NS}	0,0024 ^{NS}	0,0103 ^{NS}	0,0159 ^{NS}	0,0258 ^{NS}
Acúmulo de Mg (g planta ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 0,1640 + 0,0033x + 0,000026x^{2(*)}$				0,9445
Caules		$\hat{y} = 0,30^{NS}$				-
Folhas		$\hat{y} = 0,9130 + 0,0021x^{(**)}$				0,7976
Parte aérea		$\hat{y} = 1,2238 + 0,0026x^{(**)}$				0,7784
Total		$\hat{y} = 1,3486 + 0,0037x^{(**)}$				0,8307

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

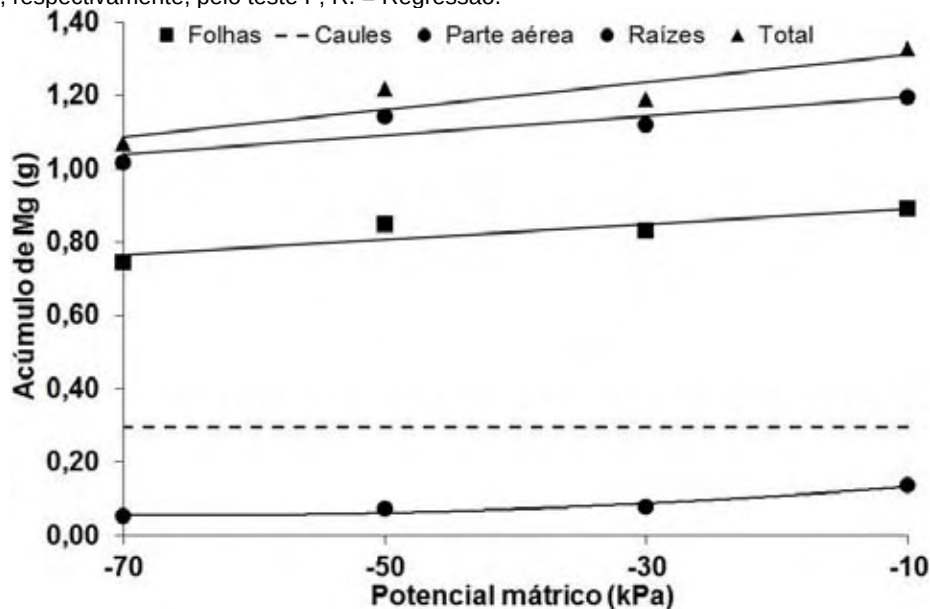


Figura 29. Acúmulo de magnésio em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

4.8.6 Enxofre (S)

O teor de enxofre em OPN (Tabela 22) foi influenciado pela redução no potencial mátrico do solo (Tabela 22), em caules, parte aérea e planta toda, mas não em raízes e folhas. A concentração média do enxofre em raízes ($1,38 \text{ mg g}^{-1}$) foi cerca de duas vezes maior que a média quantificada em folhas, de $0,63 \text{ mg g}^{-1}$, valor este cerca de 9 vezes menor que o descrito por SILVA et al. (2010) ($5,8 \text{ mg g}^{-1}$) também para folhas de OPN em plantas adultas em cultivo no município de Ibiá, Minas Gerais.

A diminuição do potencial mátrico no solo provocou aumento linear no teor de enxofre em caules, a taxa de $0,0130 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$. De -10 kPa a -70 kPa o aumento no teor de S em caules foi 6,6 vezes. Para a parte aérea e a planta toda a influência do potencial mátrico do solo foi similar à descrita para caules, e ambos com aumento linear à taxa de $0,0078 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, o que provocou aumentos de 1,6 vez e 1,1 vez, respectivamente, no teor entre o potencial mais alto e o mais baixo (Figura 30). Esses resultados não corroboram a expectativa de redução na absorção de enxofre pelas plantas em função da seca, relatada por HU & SCHMIDLALTER (2005), em trabalho de revisão de literatura sobre efeito da seca e da salinidade na nutrição mineral de plantas. No entanto, em dois híbridos de milho, FERREIRA et al. (2008) encontraram que com o aumento do intervalo entre irrigações de 1 para 7 dias, em um dos híbridos não houve diferença no teor de S nas folhas, mas no outro híbrido houve aumento do teor de S com o aumento do intervalo, o que também ocorreu com colmos e raízes para os dois híbridos.

Tabela 22. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo da análise de variância, regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficiente de determinação (R^2) para o teor de enxofre em Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas (mg g ⁻¹)	Parte aérea	Total
-10		1,25 $\pm$ 0,19	0,20 $\pm$ 0,00	0,68 $\pm$ 0,35	0,35 $\pm$ 0,10	0,47 $\pm$ 0,10
-30		1,52 $\pm$ 0,25	0,25 $\pm$ 0,10	0,52 $\pm$ 0,08	0,34 $\pm$ 0,06	0,43 $\pm$ 0,05
-50		1,40 $\pm$ 0,00	0,65 $\pm$ 0,36	0,70 $\pm$ 0,00	0,65 $\pm$ 0,27	0,85 $\pm$ 0,04
-70		1,35 $\pm$ 0,16	0,93 $\pm$ 0,05	0,60 $\pm$ 0,00	0,80 $\pm$ 0,00	0,84 $\pm$ 0,02
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0734 ^{NS}	0,6559**	0,0314 ^{NS}	0,1713**	0,6178**
Resíduo	-	0,0344	0,0391	0,0505	0,0206	0,0054
GL resíduo	-	18	18	13	11	10
Total		21	21	16	14	13
^b CV (%)	-	13,46	36,85	36,04	28,68	12,51
R. Grau 1	1	0,0090 ^{NS}	1,8027**	0,0009 ^{NS}	0,4405**	0,3793**
R. Grau 2	1	0,1337 ^{NS}	0,0726 ^{NS}	0,0039 ^{NS}	0,0364 ^{NS}	0,0000 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0540 ^{NS}	0,0581 ^{NS}	0,0752 ^{NS}	0,0371 ^{NS}	0,1117**
Teor de S (mg g ⁻¹)		Equações de regressão				R ²
Raízes		$\hat{y} = 1,38^{NS}$				-
Caules		$\hat{y} = -0,0117 - 0,0130x^{(**)}$				0,9324
Folhas		$\hat{y} = 0,63^{NS}$				-
Parte aérea		$\hat{y} = 0,2234 - 0,0078x^{(**)}$				0,8570
Total		$\hat{y} = 0,3313 - 0,0078x^{(**)}$				0,7724

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

Entre as funções do enxofre nas plantas destacam-se a participação do grupo tiol (-SH) em enzimas, na glutatona que atua como redutor na desintoxicação por radicais livres de peróxidos e superóxidos de hidrogênio e como componente estrutural em todas as biomembranas (FURLANI, 2004). A razão entre o conteúdo de nitrogênio e enxofre em folhas de vegetais pode dar uma ideia da presença desse nutriente em aminoácidos/proteínas.

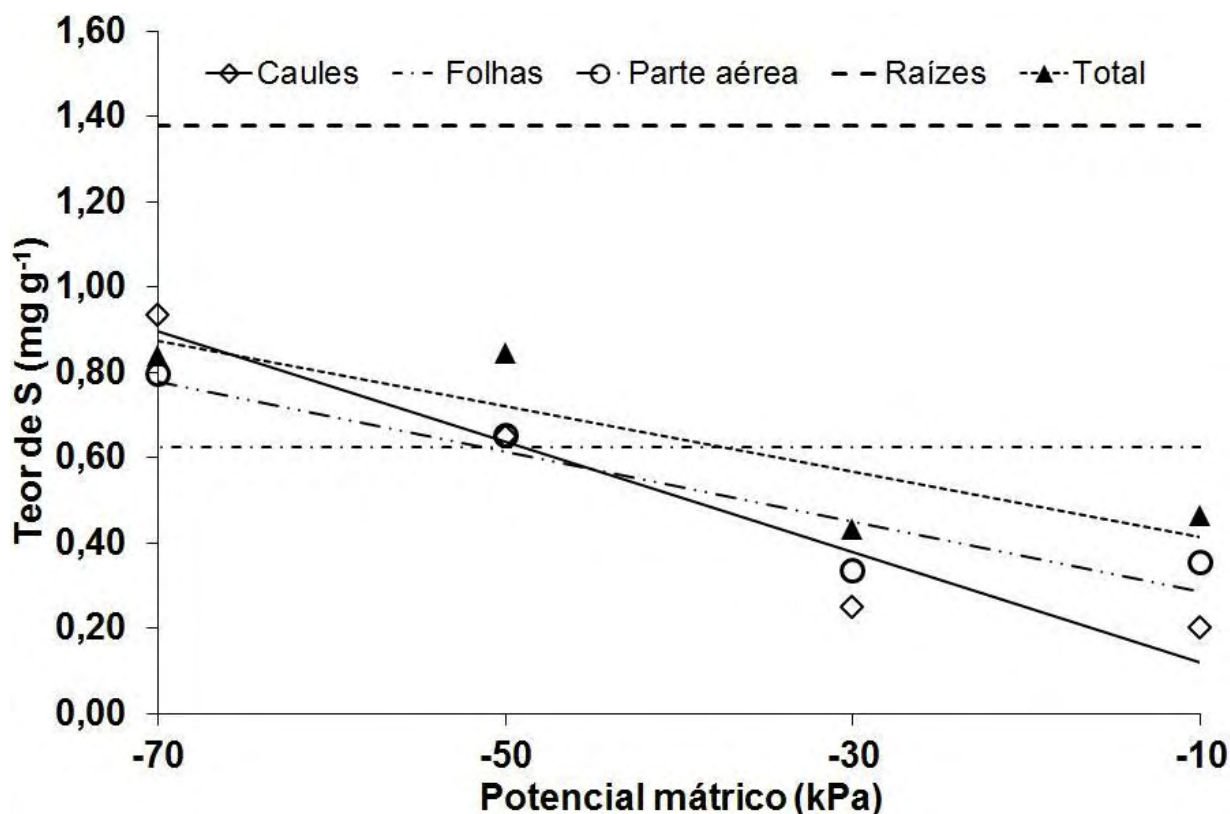


Figura 30. Teor de enxofre em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

Para as folhas de OPN a razão da média do teor de nitrogênio e enxofre foi 33,7; 36,7; 40,0 e 46,9 para os potenciais -10, -30, -50 e -70 kPa, respectivamente. O aumento da razão é decorrência do aumento no conteúdo de nitrogênio em potenciais mátricos mais baixos (-70 kPa) (o conteúdo de enxofre em folhas não foi influenciado pela variação no potencial mátrico) e indica que sob menores potenciais mátricos há menor quantidade de enxofre nos aminoácidos/proteínas das folhas da planta, o que modifica as características dessas proteínas em relação aos maiores potenciais mátricos.

Quase 100% do enxofre absorvido no organismo humano é por meio dos alimentos que contém os aminoácidos cistina, cisteína e metionina (FRANCO, 2002; ANDERSON, 2005). Entre os alimentos ricos em enxofre estão o alho (13,9 mg g⁻¹), a couve manteiga (33,6 mg g⁻¹), a clara de ovo (46,8 mg g⁻¹) e o repolho (61,1 mg g⁻¹)

(FRANCO, 2002)⁷, os quais, se comparados ao teor médio obtido em folhas de OPN neste trabalho ($0,63 \text{ mg g}^{-1}$), representam fontes maiores desse nutriente.

As plantas de OPN tiveram teor de enxofre abaixo do mínimo considerado para um ótimo crescimento das plantas ($1 \text{ a } 5 \text{ mg g}^{-1}$ de matéria seca) em todos os potenciais mátricos avaliados neste trabalho, o que pode ter elevado a razão N/S e como consequência reduzido a produção de aminoácidos/proteínas que contém enxofre e mantido mais elevada a produção de compostos nitrogenados não proteicos (PRADO, 2008).

O acúmulo de enxofre nas plantas (Tabela 23) só não variou em folhas (Tabela 23 e Figura 31), mas apenas raízes e caules tiveram equação de regressão significativa para representar matematicamente a tendência dos dados. Em ambos houve ajuste linear, decrescente para raízes e crescente para caules, com a diminuição do potencial mátrico, a taxas de $0,0038$ e $0,0083 \text{ g g}^{-1}$; decréscimo relativo de 1,9 vez em raízes e aumento relativo do acúmulo de S em caules de 4,3 vezes.

A acumulação total de enxofre pela OPN foi em média $0,11 \text{ g planta}^{-1}$ e se consideradas apenas as folhas (principal parte comestível da planta) houve acúmulo médio de $0,03 \text{ g planta}^{-1}$.

⁷ Valores convertidos para base seca, considerando-se a umidade do alho 67,5%, da couve 90,9%, da clara de ovo 85,2% e do repolho 94,7%.

Tabela 23. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para o acúmulo de enxofre em Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Raízes	Caules	Folhas (g planta ⁻¹)	Parte aérea	Total
-10		0,04 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,02	0,11 $\pm$ 0,03
-30		0,02 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,01
-50		0,02 $\pm$ 0,00	0,07 $\pm$ 0,04	0,03 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,01
-70		0,01 $\pm$ 0,00	0,07 $\pm$ 0,00	0,02 $\pm$ 0,00	0,09 $\pm$ 0,00	0,11 $\pm$ 0,01
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0007**	0,0036**	0,0002 ^{NS}	0,0022*	0,0027**
Resíduo	-	0,0001	0,0005	0,0002	0,0005	0,0003
GL resíduo	-	18	18	13	11	10
GL Total	-	21	21	16	14	13
^b CV (%)	-	35,95	42,51	45,95	30,82	17,27
R. Grau 1	1	0,0016**	0,0074**	0,0002 ^{NS}	0,0021 ^{NS}	0,0004 ^{NS}
R. Grau 2	1	0,0001 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	0,0000 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0001 ^{NS}	0,0027*	0,0003 ^{NS}	0,0036*	0,0075**
Acúmulo de S (g planta ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Raízes	$\hat{y} = 0,0387 + 0,00038x^{(**)}$					0,8672
Caules	$\hat{y} = 0,0150 - 0,00083x^{(**)}$					0,7310
Folhas	$\hat{y} = 0,03^{NS}$					-
Parte aérea	$\hat{y} = 0,08^{NS}$					-
Total	$\hat{y} = 0,11^{NS}$					-

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

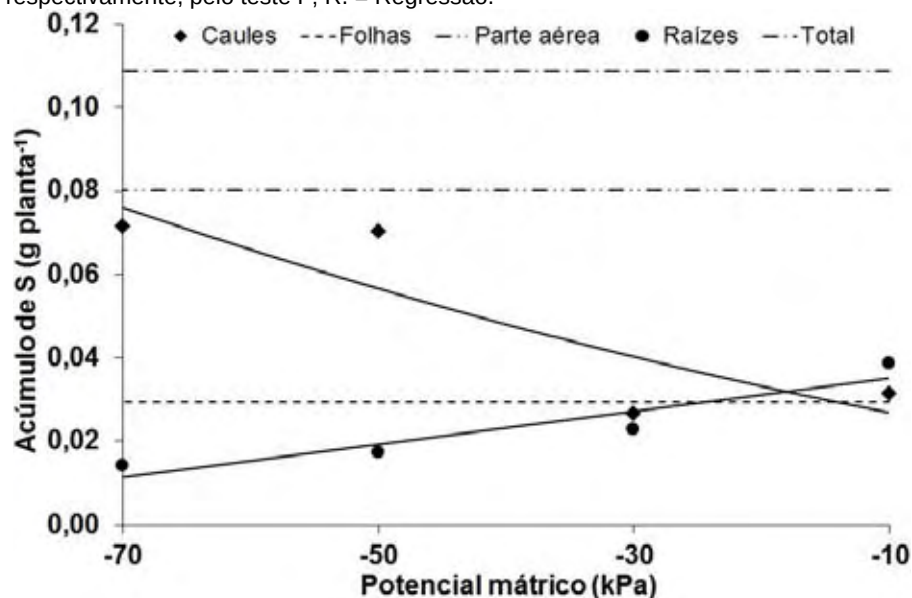


Figura 31. Acúmulo de enxofre em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplântio.

4.8.7 Teores de macronutrientes em cada parte da planta

O efeito da redução do potencial mátrico do solo, entre -10 kPa e -70 kPa, sobre os teores de macronutrientes ocorreu de forma específica em cada parte das plantas de OPN.

Em raízes houve efeito do potencial mátrico do solo nos teores de N (Tabela 12) e de Mg (Tabela 20), ambos segundo um modelo quadrático. A partir de -10 kPa o teor de N decresceu 5,4% até -31,7 kPa e daí até -70 kPa aumentou 18,0% enquanto que, ao contrário, o teor de Mg aumentou até o potencial de -44,8 kPa, em 26,3%, e decresceu 11,0% daí até -70 kPa. Os teores de P, K, Ca e S não tiveram variação significativa com a variação do potencial mátrico do solo. Os teores de macronutrientes nas raízes ocorreram na seguinte ordem: $N > Ca > K > Mg > P \approx S$ (Figura 32).

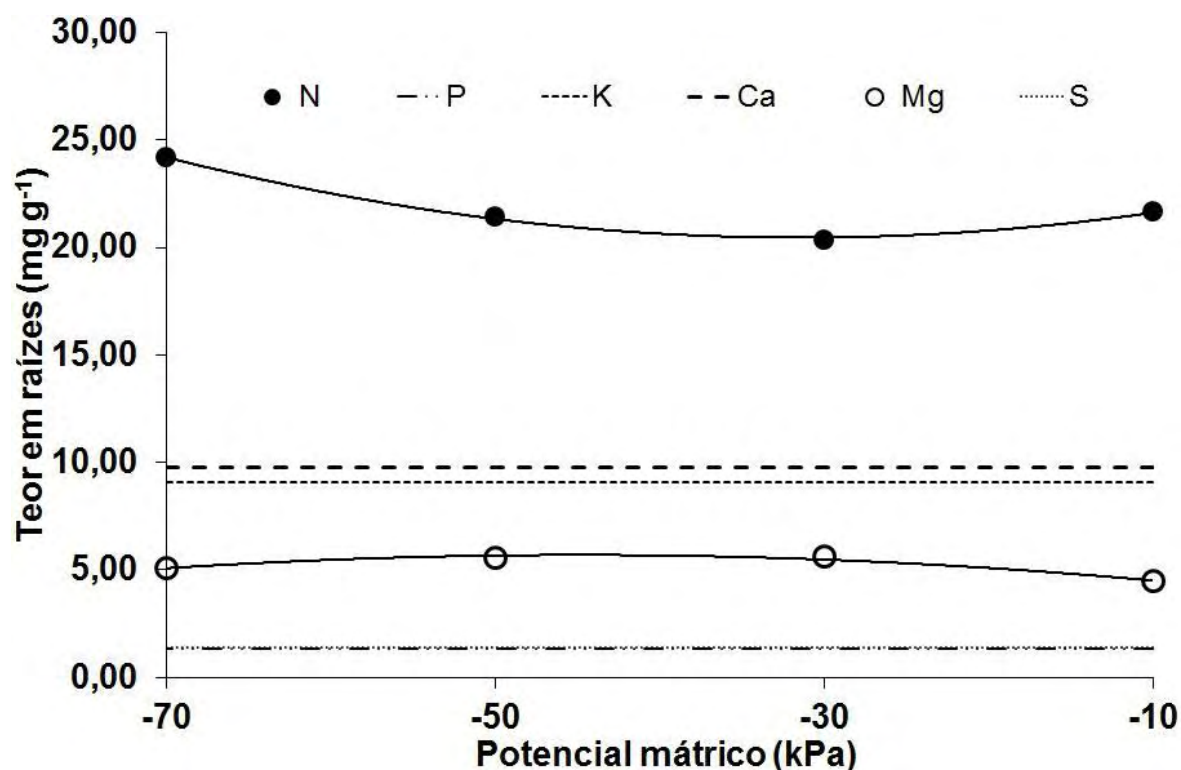


Figura 32. Teor de macronutrientes em raízes de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplantio.

Nos caules o K foi o nutriente presente com maior teor (Figura 33) e, assim como N, Mg e S, foi influenciado positivamente pela redução no potencial mátrico do solo. Os teores de N e K, nessa ordem, foram os mais influenciados com taxas de acréscimos lineares de $0,0653$ e $0,0600 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, seguidos pelo de Mg com $0,0222 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ e o de S com taxa de aumento de apenas $0,0013 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$. O teor de P, teve comportamento contrário a esses, decrescendo com a diminuição do potencial à taxa de $0,0108 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$. O teor de N superou o de Ca apenas entre -60 kPa e -70 kPa , sendo suplantado pelo de Ca nos potenciais mais altos, embora não tenha ocorrido variação significativa dos teores de Ca com a variação do potencial mátrico do solo. De forma geral, pode-se classificar a presença de macronutrientes em caules como $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$, o que evidencia inversão entre os teores de N e K quando são comparados à classificação decrescente dos macronutrientes em raízes.

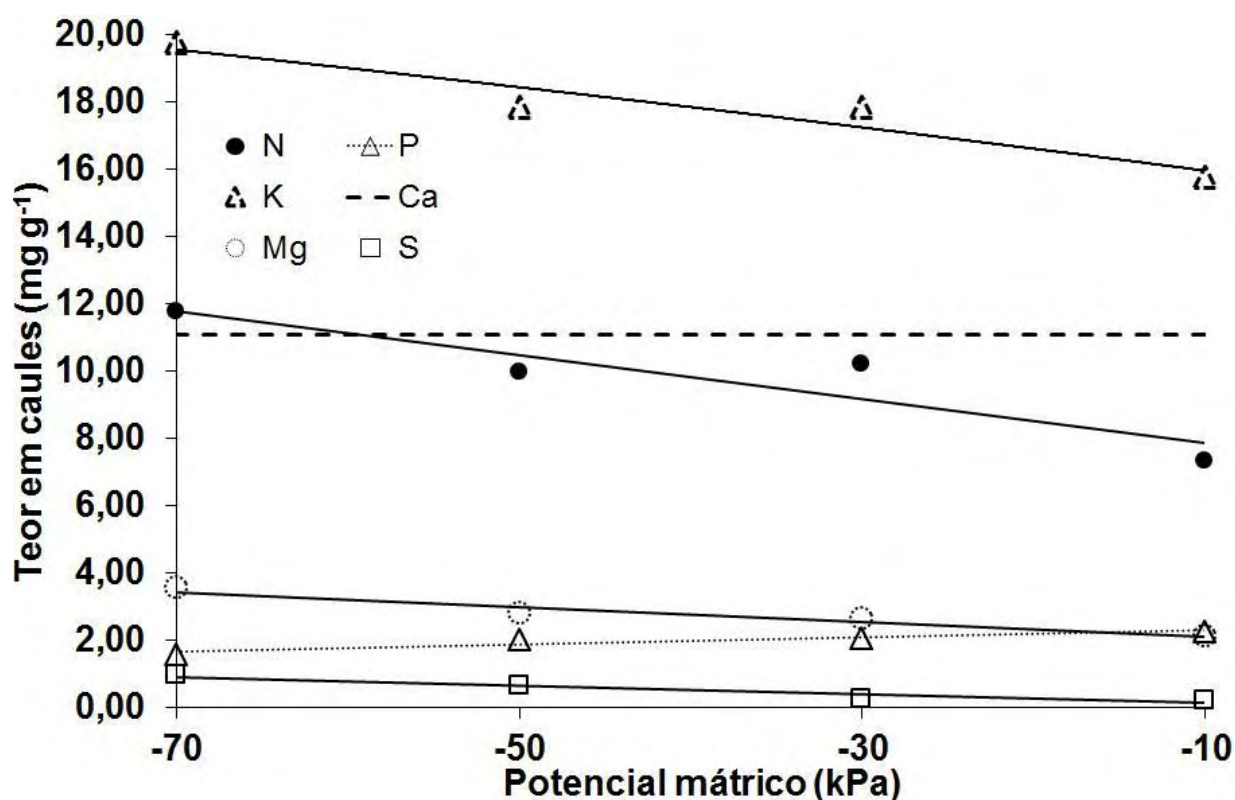


Figura 33. Teor de macronutrientes em caules de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C , aos 140 dias após o transplante.

Nas folhas, apenas os teores de N e de K apresentaram variação significativa com a variação do potencial mátrico do solo (Figura 34). O teor de N variou segundo modelo linear, crescente com o decréscimo do potencial mátrico ($0,1335 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$; Tabela 12) e o teor de K variou com tendência quadrática, decrescente com o decréscimo do potencial mátrico até $-40,8 \text{ kPa}$. A partir desse ponto houve acréscimo no teor de K nas folhas até -70 kPa , em percentual de $5,6\%$, valor este próximo ao de $5,9\%$ referente ao decréscimo ocorrido de -10 kPa para $-40,8 \text{ kPa}$.

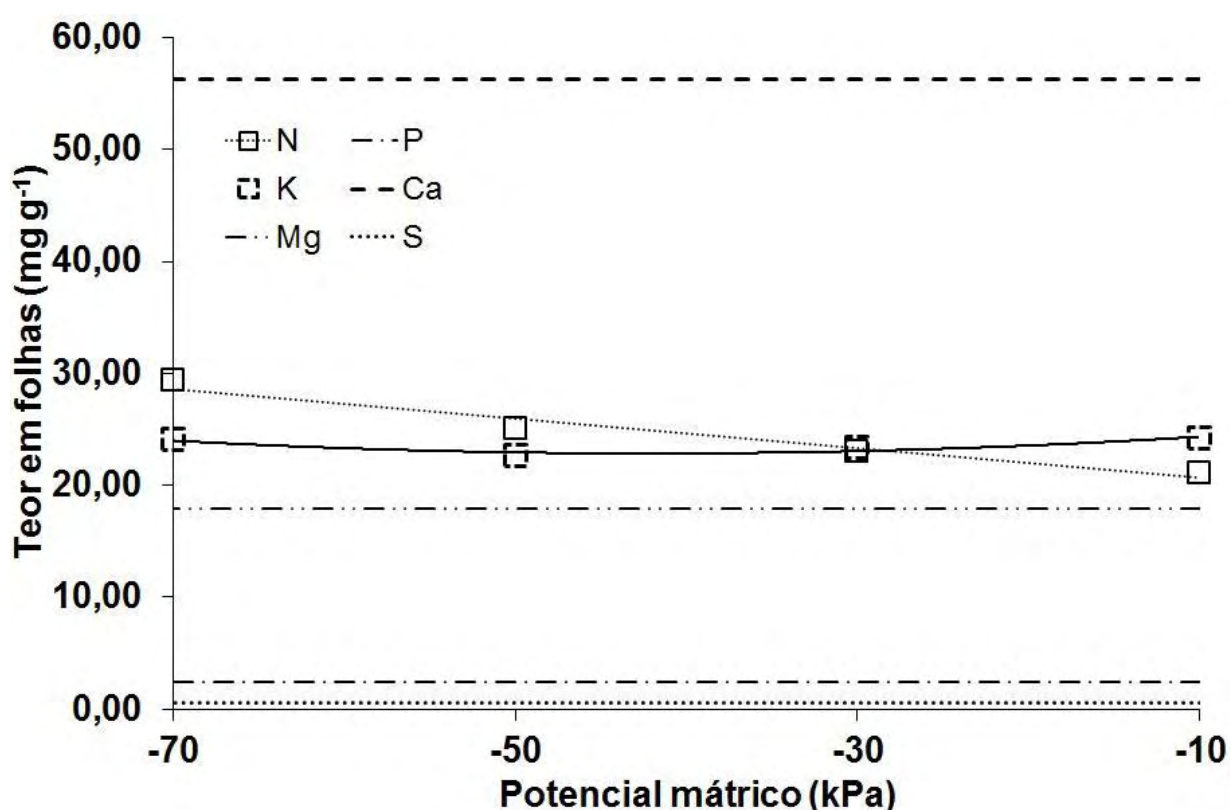


Figura 34. Teor de macronutrientes em folhas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C , aos 140 dias após o transplante.

O nutriente com maior concentração nas folhas foi o Ca em todos os potenciais mátricos, embora não influenciado por estes. De -10 kPa até cerca de -29 kPa , vindo em seguida o K, com diferença de cerca de 1,4 vez, em média, para o teor médio de Ca nesse intervalo. De -29 kPa a -70 kPa os teores de N foram maiores que os de K,

diferença média para o teor médio de Ca, cerca de 1,2 vez menor. Em seguida, com teores menores que os de N e K em toda faixa de variação de potencial mátrico estudado, o Mg diferença média cerca de 2,1 vezes menor que o teor de Ca, 0,4 vez menor do que o de N e 0,3 vez menor do que o de K. Na sequência decrescente, o teor de P foi seguido pelo de S, com diferença de concentração em relação ao de Ca de cerca de 22 vezes para o P e de 89 vezes para o S. Em relação ao N, K e Mg, as diferenças de teores de P e S foram de 9; 8,7 e 6 vezes e de 38; 37 e 28 vezes, respectivamente.

Em -10 kPa, -30 kPa, -50 kPa e -70 kPa, as diferenças entre os teores de N e de Ca foram de 1,7; 1,4; 1,2 e 1,0 vez, enquanto os de K foram de 1,3; 1,4; 1,44 e 1,3 vez, respectivamente.

Os teores médios dos macronutrientes nas folhas, em todo o intervalo de potenciais mátricos avaliados, apresentaram a seguinte ordem decrescente: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$.

Considerando os teores majoritários nas partes da planta de OPN verifica-se que nas raízes foi o N ($> 20 \text{ mg g}^{-1}$; Figura 32), nos caules o K ($> 20 \text{ mg g}^{-1}$; Figura 33) e nas folhas foi o Ca ($\approx 56 \text{ mg g}^{-1}$; Figura 34), evidenciando que em cada órgão da planta houve um macronutriente majoritário diferente. Entre todos esses, destacou-se o Ca, que além de aparecer entre os de maior teor, também não foi influenciado pela variação do potencial mátrico do solo entre -10 kPa e -70 kPa nas três partes da planta.

O teor de cálcio nas folhas de OPN neste trabalho (em média 56 mg g^{-1}) é cerca de três vezes maior que o encontrado em espinafre ($16,33 \text{ mg g}^{-1}$) e cerca de seis vezes maior que o encontrado em brócolis ($9,77 \text{ mg g}^{-1}$), mostrando-se uma boa fonte desse mineral. Mesmo se comparado a uma fonte derivada de leite como o iogurte natural ($14,3 \text{ mg g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2008), em base seca, ou à casca de ovo de galinha, que possui cálcio de mesma qualidade biológica do leite ($41,50 \text{ mg g}^{-1}$, base seca) (FRANCO, 2002), ainda assim, o teor de cálcio nas folhas de OPN foi superior.

Na parte aérea das plantas de OPN, em cada potencial mátrico, o teor de macronutrientes seguiu a ordem $\text{Ca} > \text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$ (Figura 35), e apenas o P foi influenciado negativamente pela redução no potencial mátrico, com pequena taxa de

decréscimo ($0,0089 \text{ mg g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$; Tabela 14). Comparando-se a parte aérea com as folhas, observa-se que o nutriente presente em maior concentração é semelhante (Ca) e essas partes diferem apenas na concentração relativa do K e N. Em parte aérea, o K apresenta maior concentração que o N em todos os potenciais mátricos no intervalo entre -10 e -70 kPa. Já em folhas, há maior teor de N, considerando potenciais mais baixos (entre cerca de -30 kPa e -70 kPa), e maiores teores de K em potenciais mais elevados (entre -30 kPa e -10 kPa), alternando N e K como segundo nutriente de maior concentração.

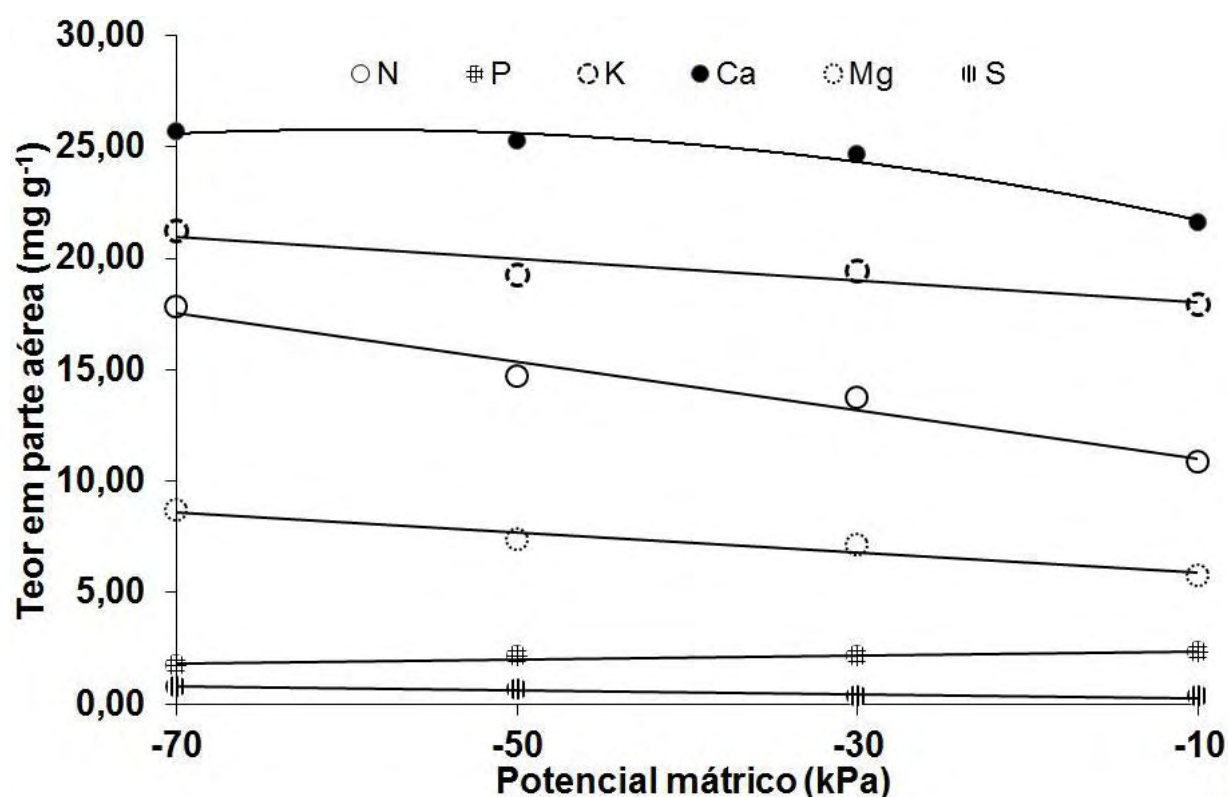


Figura 35. Teor de macronutrientes em parte aérea de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65°C, aos 140 dias após o transplante.

Na planta toda apenas o teor de fósforo não foi influenciado pelo potencial mátrico do solo, os demais macronutrientes foram positivamente influenciados pela redução no potencial mátrico, apresentando maiores teores em potenciais mátricos menores (iguais ou próximos a -70 kPa) (Figura 36). Para cada potencial mátrico do

solo no intervalo de -10 kPa até -70 kPa, obteve-se a ordem decrescente de concentração de macronutrientes $\text{Ca} > \text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$, semelhantemente ao determinado para parte aérea.

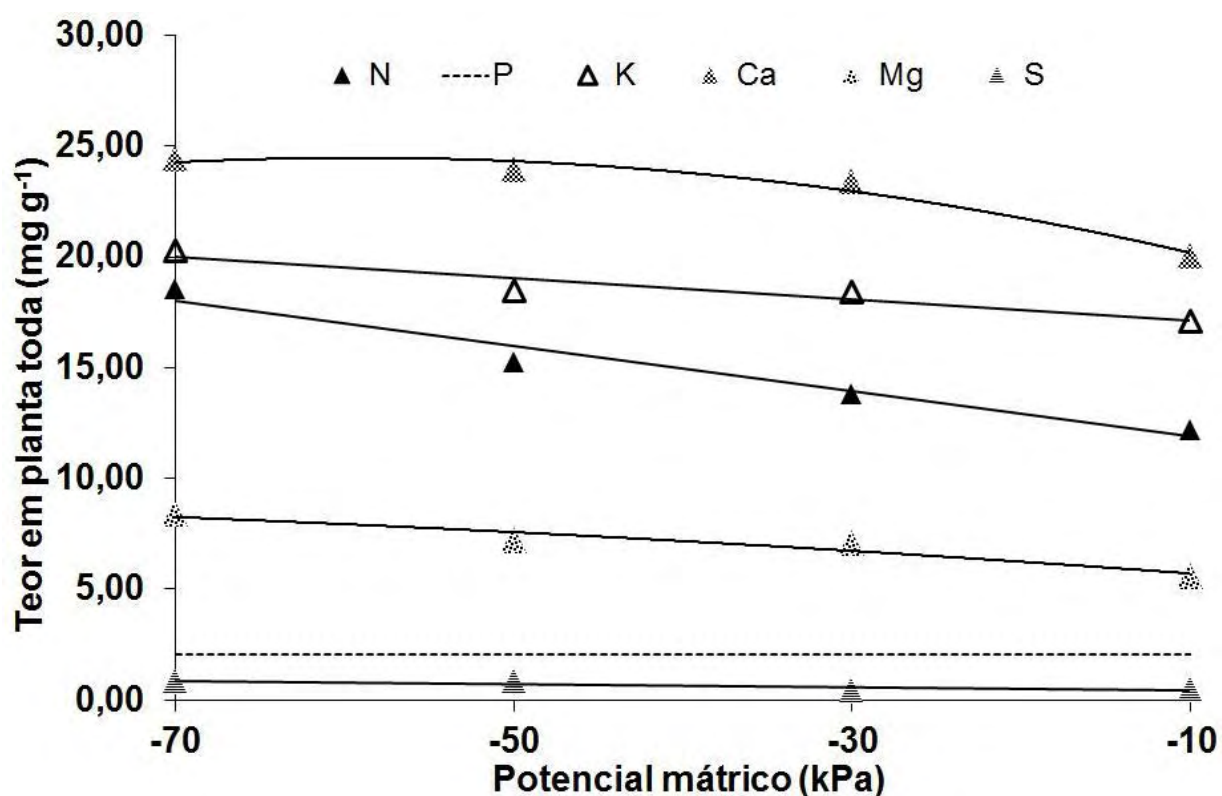


Figura 36. Teor de macronutrientes em plantas de Ora-pro-nóbis cultivadas em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 65 °C, aos 140 dias após o transplante.

Para a planta toda de OPN, assim como parte aérea, folhas e caules, o N não foi o elemento mais abundante, como está previsto para as plantas (MARENCO & LOPES, 2009), o que aponta para uma espécie com necessidades nutricionais específicas e ainda por serem estudadas.

Entre os macronutrientes, Mg, P e S estão presentes em raízes, caules e folhas da mesma forma decrescente: $\text{Mg} > \text{P} > \text{S}$, assim como também na parte aérea e na planta toda.

4.9 Composição centesimal

4.9.1. Folhas

A análise da composição centesimal de folhas de OPN em função dos níveis de potencial mátrico do solo (Tabela 24) revela influência significativa ($p < 0,01$, Tabela 24) sobre o teor de proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos, com ajustes de regressão lineares para proteínas, lipídeos e carboidratos, e quadrático para fibra bruta (Figura 37). Essas variações permitem afirmar que há resposta da OPN em função da oferta de água no solo ou no substrato, desde que as demais variáveis edáficas, nutricionais e ambientais sejam controladas, possibilitando manejo adequado aos interesses de maximização de determinados constituintes químicos na planta.

O teor de cinzas nas folhas de OPN não foi afetado pela diferença no potencial mátrico ($p > 0,05$, Tabela 24). Entretanto, esse resultado merece destaque, pois há nas folhas um resíduo mineral fixo alto (21,0%), que indica que a mesma pode ser uma fonte importante de minerais para o organismo humano, como o cálcio, conforme já discutido. ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA (1974) também relatam teores de cinzas dentro do intervalo mensurado nesse trabalho, com valores de 21,7 e 20,1%, para amostras obtidas de diferentes fontes. Na literatura há outras referências com relatos de teores de cinzas similares, 20,11%, (SILVA et al., 2010) e também abaixo dos encontrados nesse trabalho, tais como 16,1% (TAKEITI et al., 2009), 18,07% (ROCHA et al., 2008) e 14,24% (ALBUQUERQUE et al., 1991).

Comparando-se o teor de cinzas encontrado nesta pesquisa em folhas de OPN com o teor em alface americana (*Lactuca sativa* L.) (9,1%), couve manteiga (*B. oleracea* var. acéfala) (11,2%), espinafre (*Tetragonia expansa*) (14,3%), repolho branco (*B. oleracea* var. capitata) (5,6%), brócolis (*B. oleracea* var. italica) (7,2%), agrião (*Nasturtium officinale*) (10,7%) e taioba (*Xanthosoma saggitifolium*) (9,9%)⁸, verifica-se

⁸ NEPA/TACO (2011), dados convertidos para base seca tomando a soma de proteínas, cinzas, lipídeos, carboidratos e fibras como 100% de extrato seco.

que as folhas da OPN apresentam teor de cinzas maior que as hortaliças elencadas. Esses resultados indicam que as folhas de OPN são fontes mais abundantes de minerais que outras hortaliças, consumidas tradicionalmente ou não.

Tabela 24. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para os teores de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos nas folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico do solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)		Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Fibra bruta	°Carboidratos
		-----% m/m (ou g 100 g ⁻¹) -----				
-10		22,72 $\pm$ 0,99	11,96 $\pm$ 0,74	7,12 $\pm$ 0,49	11,96 $\pm$ 1,55	46,24 $\pm$ 2,11
-30		21,62 $\pm$ 2,03	14,28 $\pm$ 0,79	7,51 $\pm$ 0,77	11,98 $\pm$ 1,79	52,13 $\pm$ 3,01
-50		20,03 $\pm$ 1,89	15,42 $\pm$ 0,47	6,47 $\pm$ 0,77	10,39 $\pm$ 1,24	54,16 $\pm$ 2,53
-70		19,53 $\pm$ 2,83	19,97 $\pm$ 0,74	5,82 $\pm$ 0,90	6,65 $\pm$ 1,32	55,86 $\pm$ 3,40
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	12,8533 ^{NS}	37,1248**	3,3107**	37,7001**	105,5577**
Resíduo	20	4,1825	0,5104	0,5580	2,2149	7,8873
Total	23	-	-	-	-	-
^b CV (%)	-	9,75	4,79	11,10	14,53	5,39
R. Grau 1	1	37,2633 ^{NS}	109,3284**	7,3260**	91,8225**	286,6284**
R. Grau 2	1	0,5430 ^{NS}	0,0748 ^{NS}	1,6068 ^{NS}	21,1876**	26,2923 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,7537 ^{NS}	1,9712 ^{NS}	0,9992 ^{NS}	0,0902 ^{NS}	3,7524 ^{NS}
Variável (g 100 g ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Cinzas	$\hat{y} = 21,0^{NS}$					-
Proteínas	$\hat{y} = 11,028 - 0,0955x^{(**)}$					0,9816
Lipídeos	$\hat{y} = 7,7171 + 0,0247x^{(**)}$					0,7376
Fibra bruta	$\hat{y} = 11,1581 - 0,1004x - 0,0023x^2^{(**)}$					0,9992
Carboidratos	$\hat{y} = 45,9147 - 0,1546x^{(**)}$					0,9051

^aGraus de liberdade; ^bCoefficiente de variação; ^cValores médios, obtidos por diferença entre 100 e a soma de cinzas, proteínas, lipídeos e fibras, em cada repetição. ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

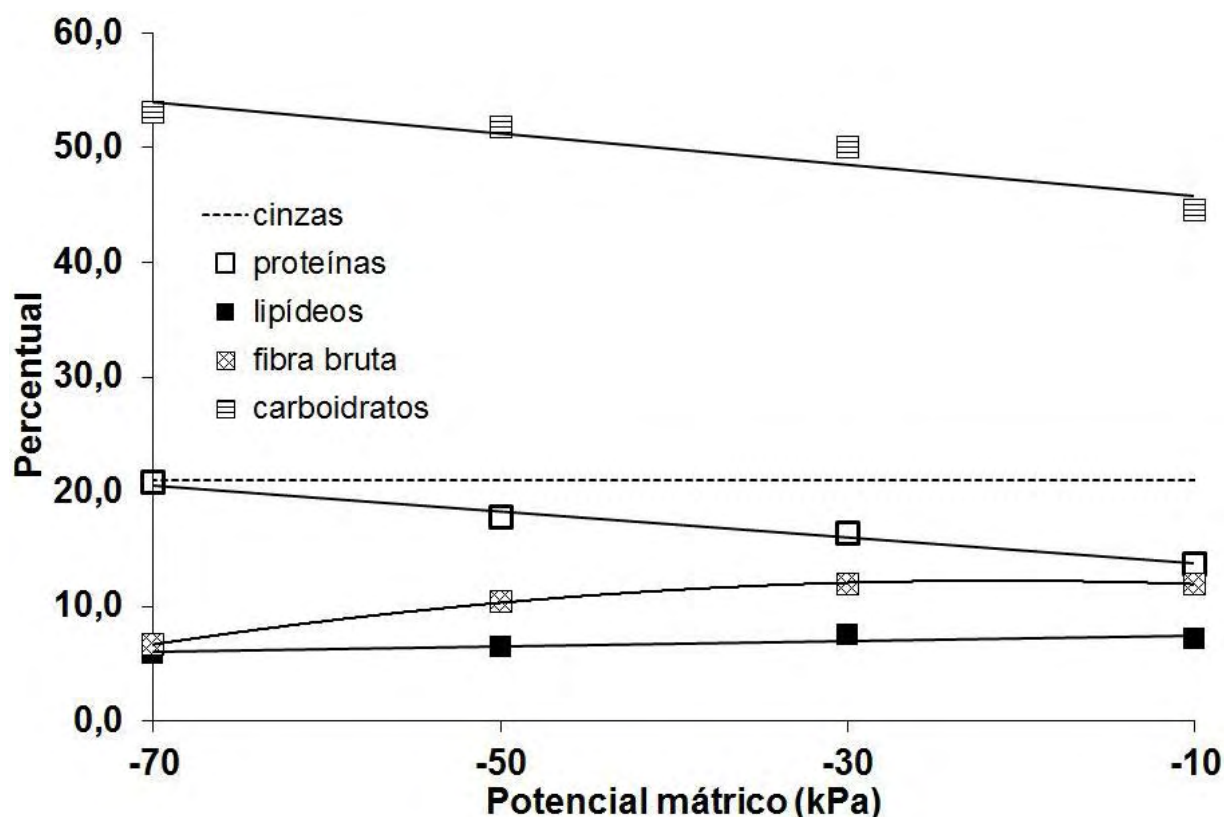


Figura 37. Teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em folhas de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplante.

Em função da redução do potencial mátrico de -10 kPa para -70 kPa, houve aumento linear significativo no teor de proteínas nas folhas da planta estimado em $0,0955 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ ($p < 0,01$; Tabela 24, Figura 37). Em relação ao maior teor obtido, no potencial de -70 kPa, verifica-se que até -10 kPa houve queda de 32,3% no teor proteico nas folhas. Considerando-se o controle hídrico diferenciado e que as demais condições dentro da casa de vegetação foram uniformes para todos os tratamentos, pode-se afirmar que o teor de proteínas nas folhas da OPN apresenta relação com a disponibilidade hídrica no solo. Portanto, esse é um dos fatores que pode explicar os diferentes percentuais de proteínas relatados por pesquisadores em amostras de diferentes regiões, sem cultivo com condições específicas (Tabela 25), embora essa afirmação não exclua a provável influência conjunta de outros fatores (edáficos,

ambientais e genéticos) sobre os teores de proteínas apresentados pelas diferentes amostras analisadas.

Tabela 25. Teores de proteínas provenientes de análises em amostras coletadas em diferentes locais ou regiões, em base seca.

Teor de proteínas (%)	Localidade de coleta amostra	Referência
17,4	Guiricema, MG	ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA, 1974
25,5	Viçosa, MG	
25,14	Sete Lagoas e Lagoa Santa, MG	DAYRELL & VIEIRA, 1977a
^a 28,59	Jardim Botânico, UFRJ, RJ	ALBUQUERQUE et al., 1991
^b 19,67	Horto, UFLA, MG	GIRÃO et al., 2007
22,93 ± 3,02	Diamantina, MG	ROCHA et al., 2008
28,4 ± 0,4	Mairiporã, SP	TAKEITI et al., 2009
9,64	Ibiá, MG	SILVA et al., 2010
^c 15,2 – 30,1	Uberlândia, MG	MAGALHÃES et al., 2011
^d 13,7 -20,6	Uberlândia, MG	Dados obtidos neste trabalho

^aValor obtido em pré-secagem a 60 °C; ^bObtido em amostra pré-seca a 30 °C por 72 horas; ^cIntervalo de percentual de proteínas obtido em cinco matrizes diferentes, em folhas apicais e basais; ^dDados obtidos nas condições especificadas no item 3.

As proteínas nas folhas são, possivelmente, um dos constituintes de maior interesse na OPN e a razão pela qual é chamada também de “carne-de-pobre”, pois é do conhecimento popular que é “rica” em proteínas. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pela RDC nº 269 (ANVISA, 2005), um adulto deve fazer a ingestão diária (IDR) de 50 g de proteínas e um alimento rico em proteínas é aquele que fornece, em uma porção de 100 g de alimento (sólido), 20% da IDR, de acordo com a Portaria nº 27 da ANVISA (1998). Considerando-se folhas de OPN secas, no intervalo de potencial mátrico estudado, uma porção de 100 g de folhas forneceria entre 13,7 e 20,6 g de proteínas, que corresponde a mais de 20% (10 g) da necessidade diária de proteínas de um adulto, e, portanto, poderia ser classificada como um alimento rico em proteínas.

O teor de proteínas encontrado em folhas de OPN neste estudo está entre o máximo e o mínimo já relatado na literatura consultada (Tabelas 24 e 25). Para a finalidade de consumo como um alimento com mais alto teor de proteínas, a oferta de água deve ser minimizada, pois em menores potenciais mátricos o teor de proteínas foi maior que nos mais altos (Figura 37).

Os teores de proteínas em folhas de OPN obtidos neste estudo (Tabela 24) são comparáveis aos determinados para hortaliças como a alface americana (*Lactuca sativa* L.) (15,8%), o repolho branco (*B. oleracea* var. capitata) (12,2%), a acelga (*Beta orientalis* L.) (18,2%), o almeirão (*Cichoryum intybus* L.) (19,8%) e a taioba (*Xanthosoma saggitifolium*) (19,0%) e são menores que os teores em couve manteiga (*B. oleracea* var. acéfala) (23,5%), brócolis (*B. oleracea* var. italica) (31,2%), agrião (*Nasturtium officinale*) (32,8%), espinafre (*Tetragonia expansa*) (24,7%) e urtiga mansa (*Phenax uliginosus* Wedd.) (24,2%)⁹. Com os resultados obtidos e a comparação com os teores de proteínas presentes em outras hortaliças, convencionais ou não, evidencia-se que há potencial de consumo da OPN como fonte desse nutriente, assim como nas demais hortaliças folhosas, visto que também possuem teores similares e/ou maiores aos obtidos nesse estudo para folhas da OPN; conforme já evidenciado pelos relatos de KINUPP & BARROS (2008) para plantas de consumo não convencional. No entanto, a OPN diferencia-se das hortaliças convencionais devido à sua maior facilidade de cultivo, alta produtividade de folhas e baixa incidência de pragas e doenças (SANTOS et al., 2011).

A fração lipídica nas folhas de OPN é a de menor contribuição para a composição centesimal (Tabela 24) e variou linearmente no intervalo entre 6,0 e 7,5 g 100 g⁻¹, no intervalo de potencial mátrico estudado (Figura 37). A diminuição no potencial mátrico de -10 para -70 kPa provocou decréscimo no teor de lipídeos, a uma taxa de 0,0247 g 100 g⁻¹ kPa⁻¹, causando diferença de cerca de 20% entre o teor de lipídeos a -10 kPa e a -70 kPa.

Embora os resultados para o teor de lipídeos sejam superiores aos encontrados por TAKEITI et al. (2009) (4,1 ± 0,41%), ROCHA et al., (2008), (3,64 ± 0,41%), GIRÃO et al. (2003) (4,41%) e WANG et al. (1996) (2,35%), são inferiores ao encontrado por ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA (1974) (11,7%) para planta de OPN coletada em Guiricema, MG e encontram-se próximos aos encontrados por ALBUQUERQUE et al. (1991) (6,30%), DAYRELL & VIEIRA (1977a) (5,83%) e ALMEIDA FILHO & CAMBRAIA

⁹ NEPA/TACO (2011), dados convertidos para base seca tomando a soma de proteínas, cinzas, lipídeos, carboidratos e fibras como 100% de extrato seco.

(1974) para amostras de plantas em Viçosa, MG (6,8%). MAGALHÃES et al. (2011) relataram teores de lipídeos variando entre 1,6 e 5,6% para folhas de OPN de cinco diferentes matrizes, em Uberlândia, MG, indicando que há, também para o teor de lipídeos, uma variabilidade alta nos dados reportados na literatura.

O teor de fibra bruta nas folhas da OPN (Tabela 24) foi influenciado pelos potenciais mátricos no solo ($p < 0,01$, Tabela 24 e Figura 37). A regressão com ajuste quadrático revelou que o teor máximo de fibra bruta ocorreu em potencial de -21,8 kPa, com teor de $12,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ em relação à massa seca de folha. Entre o potencial de -10 kPa e -21,8 kPa, o aumento percentual no teor de fibras nas folhas foi de apenas 2,7%. Entre -21,8 e -70 kPa ocorreu decréscimo do teor de fibras, que chegou ao mínimo de $6,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, valor este que equivale à redução de 43,5% em relação ao teor máximo.

Pela comparação entre os teores de fibras obtidos em função dos diferentes potenciais mátricos e os teores de fibra bruta obtidos por DAYRELL & VIEIRA (1977a) (7,12%), WANG et al. (1996) (15,12%) e MAGALHÃES et al. (2011) (entre 11,4 e 15,5%), observa-se que os resultados obtidos sob o intervalo de potencial mátrico no solo encontram-se dentro do intervalo relatado na literatura, mesmo considerando as diferentes formas e as condições de cultivo entre as plantas analisadas.

Os valores de teor de fibra bruta obtidos nas folhas secas de OPN desta pesquisa permitem dar uma indicação de que as mesmas podem ser consideradas como alimento rico em fibras de acordo com a Portaria nº 27 (ANVISA, 1998), pois possuem mais que 6 g de fibra por 100 g, mínimo recomendado pela norma.

O teor de carboidratos (Tabela 24) aumentou linearmente ($p < 0,01$; Tabela 24 e Figura 37) com a redução do potencial mátrico no solo, à taxa de $0,1546 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$. Neste estudo, entre o maior e o menor potencial mátrico houve um acréscimo de 19,5% de carboidratos nas folhas em função da redução do potencial mátrico.

A umidade e o extrato seco são grandezas complementares (Tabela 26) e por isso possuem resultados da análise de variância semelhantes. A taxa de aumento da umidade com a redução no potencial mátrico do solo foi igual à taxa de redução do extrato seco, $0,0276 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$ (Tabela 26 e Figura 38).

O valor energético das folhas de OPN (Tabela 26) reduziu linearmente ($p < 0,05$; Tabela 26 e Figura 38) com a redução do potencial mátrico do solo, à taxa de $0,0622 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$. Do potencial -10 kPa para o -70 kPa a queda estimada foi de cerca de 22% no valor energético. O valor energético foi calculado utilizando valores em base úmida, e os resultados estão no intervalo descrito para hortaliças folhosas, desde $9 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ (alface americana) até 25 e $27 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ em brócolis e couve manteiga, respectivamente (NEPA/TACO, 2011).

Tabela 26. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade total, extrato seco e valor energético para folhas de Ora-pro-nóbis, em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)	^a Umidade total ----- (%)	Extrato seco -----	^b Valor energético (kcal 100 g^{-1})
-10	94,03 $\pm$ 0,31	5,97 $\pm$ 0,31	17,74 $\pm$ 1,18
-30	94,88 $\pm$ 0,92	5,12 $\pm$ 0,92	15,54 $\pm$ 3,01
-50	95,53 $\pm$ 0,56	4,47 $\pm$ 0,56	13,91 $\pm$ 1,94
-70	95,65 $\pm$ 0,45	4,35 $\pm$ 0,45	14,14 $\pm$ 1,84
Fonte de variação	^c GL	Quadrado médio	
Tratamento	3	3,3151**	18,5613*
Resíduo	20	0,3650	4,3924
Total	23	-	-
^d CV (%)	-	0,64	13,67
R. Grau 1	1	9,1246**	46,3515**
R. Grau 2	1	0,7884 ^{NS}	8,8331 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0323 ^{NS}	0,4992 ^{NS}
Variável	Equações de regressão		R^2
Umidade total ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$)	$\hat{y} = 93,9174 - 0,0276x^{(**)}$		0,9175
Extrato seco ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$)	$\hat{y} = 6,0826 + 0,0276x^{(**)}$		0,9175
Valor energético ($\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$)	$\hat{y} = 17,8177 + 0,0622x^{(**)}$		0,8324

^aObtido pela soma da umidade obtida a 65°C e a umidade residual a 105°C , ^bcalculado com dados em base úmida, conforme o alimento *in natura*; ^cGraus de liberdade; ^dCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

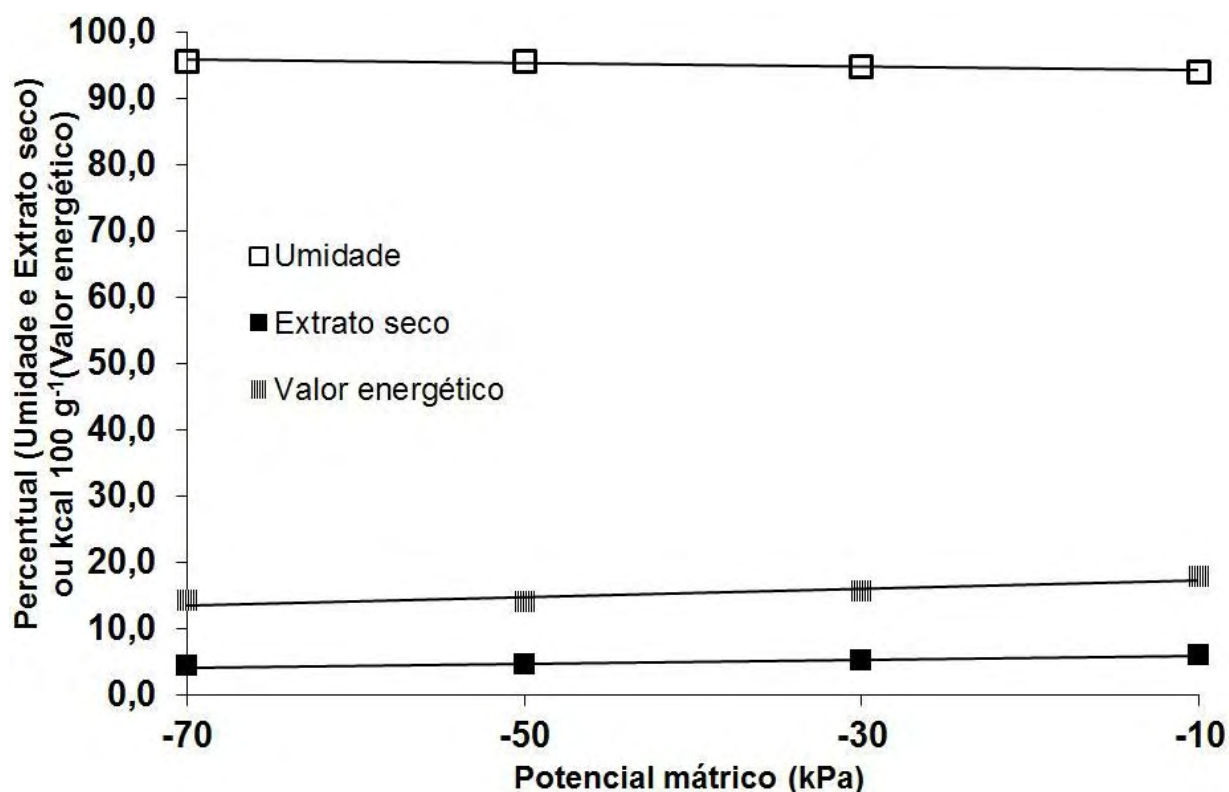


Figura 38. Umidade total, extrato seco e valor energético em folhas da Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, aos 140 dias após o transplântio.

Considerando-se conjuntamente as alterações na composição centesimal em folhas de OPN, a redução no potencial mátrico de -10 kPa até -70 kPa provocou redução (ou valores mínimos no menor potencial) no valor energético, no teor de extrato seco, fibra bruta e lipídeos, e aumento no teor de proteínas e carboidratos. Em relação às cinzas não houve influência dos tratamentos.

4.9.2 Caules

O aproveitamento dos caules de OPN para alimentação humana ou animal ainda é incipiente e são poucos os dados de análises de composição centesimal descritos na literatura para essa parte da planta. Nesse estudo, a análise da composição centesimal dos caules em função do potencial mátrico (Tabela 27) revela que houve influência

significativa ($p < 0,01$, Tabela 27) para o teor de cinzas, proteínas e carboidratos, com ajustes de regressão linear (Tabela 27; Figura 39).

Tabela 27. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em caules de Ora-pro-nóbis, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)		Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Fibra bruta	Carboidratos
		----- (% m/m ou g 100 g ⁻¹) -----				
-10		5,97 $\pm$ 0,69	4,31 $\pm$ 0,15	0,48 $\pm$ 0,24	23,36 $\pm$ 2,26	65,88 $\pm$ 2,48
-30		7,66 $\pm$ 0,23	5,90 $\pm$ 0,59	0,71 $\pm$ 0,11	22,80 $\pm$ 2,00	62,93 $\pm$ 2,79
-50		6,97 $\pm$ 0,78	5,90 $\pm$ 0,92	0,73 $\pm$ 0,29	24,95 $\pm$ 1,25	61,45 $\pm$ 1,55
-70		7,86 $\pm$ 0,89	8,85 $\pm$ 0,74	0,68 $\pm$ 0,58	24,76 $\pm$ 1,36	57,45 $\pm$ 1,70
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio				
Tratamento	3	4,3394**	21,5229**	0,0792 ^{NS}	6,6534 ^{NS}	66,8307**
Resíduo	20	0,4817	0,4419	0,1240	3,1340	4,8100
Total	23	-	-	-	-	-
^b CV (%)	-	9,76	10,65	53,94	7,39	3,54
R. Grau 1	1	7,3854**	55,6241**	0,1159 ^{NS}	12,0967 ^{NS}	196,0196**
R. Grau 2	1	0,9560 ^{NS}	2,7338*	0,1162 ^{NS}	0,2128 ^{NS}	0,6240 ^{NS}
R. Grau 3	1	4,6768**	6,2107**	0,0055 ^{NS}	7,6507 ^{NS}	3,8485 ^{NS}
Variável (g 100 g ⁻¹)	Equações de regressão					R ²
Cinzas	$\hat{y} = 6,1206 - 0,0248x^{(**)}$					0,5673
Proteínas	$\hat{y} = 3,5158 - 0,0681x^{(**)}$					0,8615
Lipídeos	$\hat{y} = 0,65^{NS}$					-
Fibra bruta	$\hat{y} = 23,97^{NS}$					-
Carboidratos	$\hat{y} = 67,1386 + 0,1278x^{(**)}$					0,9777

^aGraus de liberdade; ^bCoefficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

O teor de cinzas em caules de OPN aumentou linearmente de 23,4% em reposta à diminuição no potencial mátrico no solo entre -10 kPa e -70 kPa, com taxa de 0,0248 g 100 g⁻¹ kPa⁻¹.

Para o teor de cinzas em base seca (105 °C)¹⁰ encontrado em caules de plantas OPN submetidas à condições de sombreamento (50%) e sem sombreamento foi de 7,3% (MORAES et al., 2010b), resultado este dentro do intervalo estimado para plantas neste trabalho (6,4% em -10 kPa a 7,9% em -70 kPa).

¹⁰ Dado obtido usando a umidade residual para conversão do dado exposto em base seca a 65 °C.

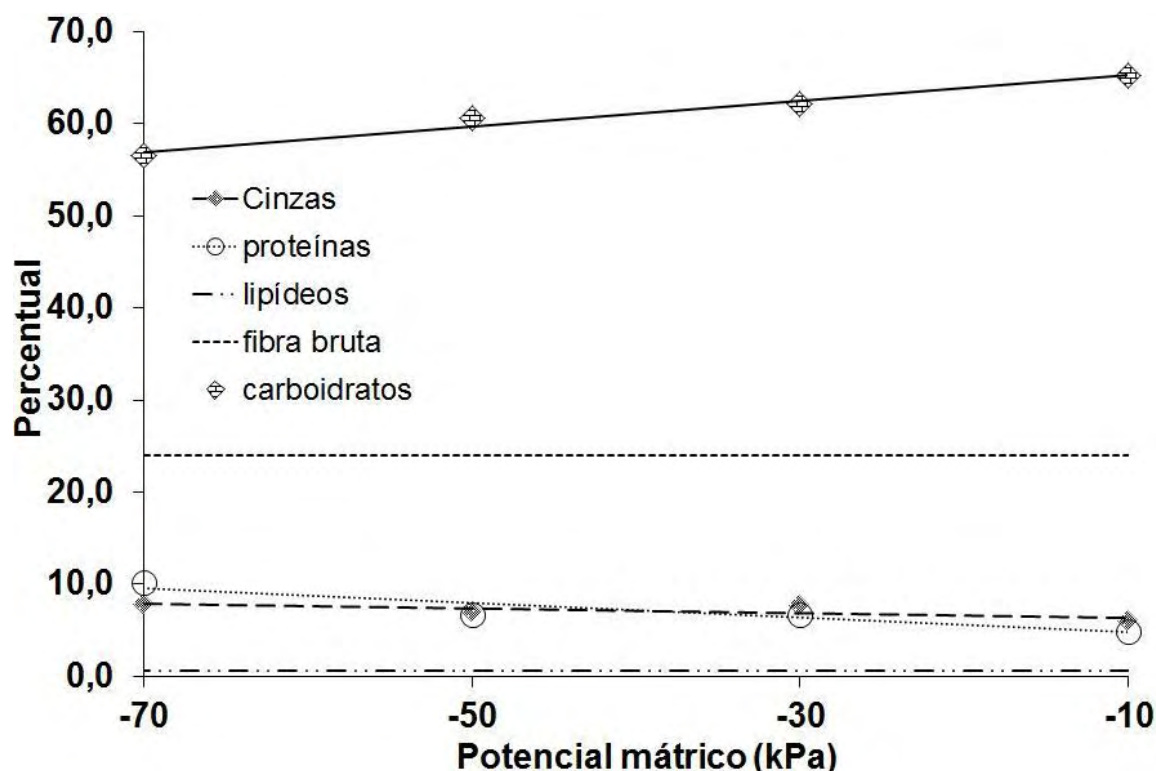


Figura 39. Teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos em caules de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.

Os teores de cinzas dos caules de OPN cultivados em função do potencial mátrico no solo foram superiores aos determinados em caules de plantas silvestres comestíveis (não convencionais) da Índia, como *C. adscendens* 4,56% ($\pm 0,01$), *C. pauciflora* 4,28% ($\pm 0,03$) e *Canna indica* 3,14% ($\pm 0,01$) (MOHAN & KALIDASS, 2010).

Se for considerada a possível utilização na formulação de rações para animais, o teor de cinzas em caules de OPN estaria similar ao do farelo de soja (7,19%) e superior ao encontrado em casca de grão de soja (4,93%) e ao milho moído (1,30%), de acordo com ZAMBOM et al. (2001), que pode contribuir para um maior fornecimento de minerais para o produto.

O teor de proteínas nos caules também aumentou linearmente, à taxa de $0,0681 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, à medida que o potencial mátrico foi reduzido (Tabela 27 e Figura 39). Em -70 kPa o teor de proteínas nos caules praticamente dobrou em relação

ao teor encontrado nos caules das plantas submetidas a -10 kPa (aumento de 97,4%).

Para caules de OPN sob diferentes sombreamentos, MORAES et al. (2010b)¹¹ relataram teores de proteínas iguais a 6,6% e 7,7% para plantas expostas ao sol. Os teores estimados entre 4,2% e 8,3% compreendem o valor obtido por esses autores para plantas ensolaradas. GIRÃO et al. (2003) também relataram teor de proteínas em caules de OPN, com valor de 9,56% (material pré-seco a 30 °C).

O teor de proteínas em caules nesse trabalho é inferior aos teores relatados por ZAMBOM et al. (2001) para casca e farelo de soja (11,01 e 57,85%, respectivamente) e milho (10,01%), que são produtos usados em ração para animais. Se tomadas as médias das estimativas obtidas para proteínas em folhas e caules, os teores estimados para a parte aérea aumentariam para o intervalo entre 9,3 e 15,0%, tornando-se uma fonte proteica de maior valor nutricional para uso como complemento em rações para consumo animal.

Os teores de lipídeos e fibra bruta (Tabela 27 e Figura 39) em caules não foram influenciados pela diferença de potencial mátrico do solo ($p > 0,05$, Tabela 27) e equivalem, em média, a 0,65 e 24,0 g 100 g⁻¹, respectivamente. Os lipídeos, assim como nas folhas, foram a menor fração na composição centesimal. Comparando-se os teores de fibra bruta em caules com os determinados por ZAMBOM et al. (2001) para utilização em alimentação animal, afirma-se que há maior teor no caule de OPN do que em farelo de soja (6,95%) e em milho moído (2,32%) e menor que em casca do grão de soja (47,14%), o que pode ser útil para formulação adequada de rações para animais.

Os estudos de GIRÃO et al. (2003) e MORAES et al. (2010b) apresentaram teores de lipídeos em caules de OPN superiores aos encontrados nesse experimento, com teores iguais a 1,80%, mas com material seco a 30 °C, e 1,4%¹² com material seco a 105 °C, respectivamente. Esses teores também correspondem às menores frações da composição centesimal em cada um desses estudos.

O teor de carboidratos em caules de OPN (Tabela 27) sofreu redução linear em função da redução no potencial mátrico no solo ($p < 0,01$, Tabela 27), à taxa de

¹¹ Dados convertidos para base seca a 105 °C usando o teor de água residual, disponível no artigo.

¹² Girão et al. (2003) com material seco a 30 °C e Moraes et al. (2010b) em base seca a 105 °C em plantas expostas à radiação solar direta.

0,1278 g 100 g⁻¹ kPa⁻¹ (Figura 39). Esse resultado mostra que sob menor oferta de água, o teor de carboidratos é reduzido com consequente aumento nos teores de proteínas e cinzas.

Conforme já relatado para folhas, a umidade e o teor de extrato seco (Tabela 28) são grandezas complementares e por isso possuem análise de variância semelhante (Tabela 28). A taxa de aumento da umidade com a redução no potencial mátrico do solo foi igual à taxa de redução do extrato seco, 0,0190 g g⁻¹ kPa⁻¹ em caules de OPN (Figura 40).

Observa-se pela comparação entre a taxa de variação para umidade e extrato seco em caules (0,0190 g 100 g⁻¹ kPa⁻¹) e folhas (0,0276 g 100 g⁻¹ kPa⁻¹) que as folhas foram mais afetadas pelo diferentes potenciais mátricos do solo, visto que a taxa de variação no teor de água e/ou extrato seco é 45,3% maior em folhas que em caules.

O valor energético dos caules (Tabela 28) teve redução linear significativa ($p < 0,01$; Tabela 28, Figura 40) com o decréscimo no potencial mátrico do solo, à taxa de 0,0641 kcal 100 g⁻¹ kPa⁻¹.

Tabela 28. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para umidade total, extrato seco e valor energético, em caules de Ora-pro-nóbis, aos 140 dias após o transplântio.

Potencial mátrico (kPa)	Umidade total ----- (%)	Extrato seco -----	Valor energético (kcal 100 g ⁻¹)
-10	94,10 $\pm$ 0,33	5,90 $\pm$ 0,33	16,83 $\pm$ 1,19
-30	94,49 $\pm$ 0,83	5,51 $\pm$ 0,83	15,51 $\pm$ 2,23
-50	94,32 $\pm$ 0,31	5,68 $\pm$ 0,31	15,68 $\pm$ 0,80
-70	95,42 $\pm$ 0,45	4,58 $\pm$ 0,45	12,50 $\pm$ 1,23
Fonte de variação	^a GL	Quadrado médio	
Tratamento	3	2,0357**	20,5212**
Resíduo	20	0,2720	2,1357
Total	23	-	-
^b CV (%)	-	0,55	9,66
R. Grau 1	1	4,3244**	49,2929**
R. Grau 2	1	0,7633 ^{NS}	5,1801 ^{NS}
R. Grau 3	1	1,0194 ^{NS}	7,0907 ^{NS}
Variáveis	Equações de regressão		R ²
Umidade total (%)	$\hat{y} = 93,8223 - 0,0276x^{(**)}$		0,9175
Extrato seco (%)	$\hat{y} = 6,1777 + 0,0190x^{(**)}$		0,9175
Valor energético (kcal 100 g ⁻¹)	$\hat{y} = 17,6941 + 0,0622x^{(**)}$		0,8324

^aGraus de liberdade; ^bCoeficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

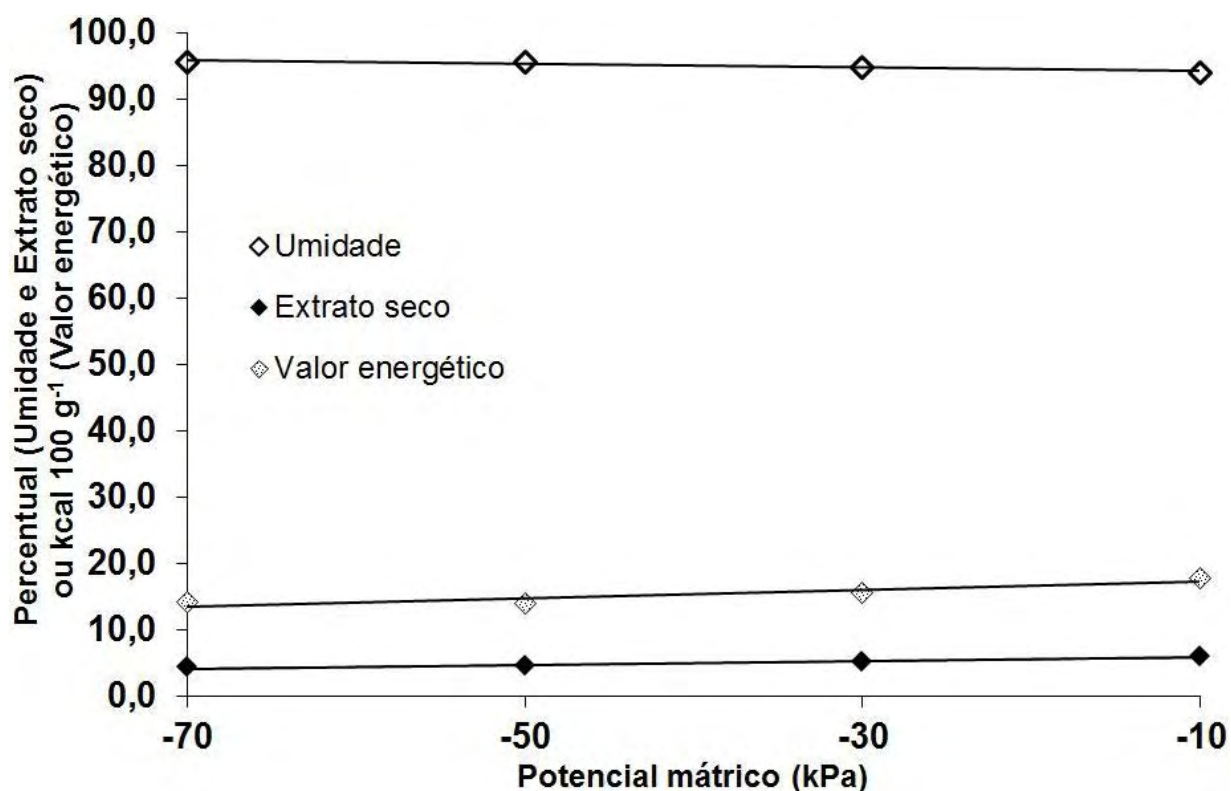


Figura 40. Umidade total, extrato seco e valor energético em caules de Ora-pro-nóbis em função do potencial mátrico do solo, aos 140 dias após transplântio.

4.9.3 Razão caule/folha

A análise das razões caule/folha para os teores de nutrientes determinados pela análise da composição centesimal (Tabela 29) evidenciam que, com exceção de lipídeos cuja razão permaneceu constante, a variação do potencial mátrico do solo entre -10 kPa e -70 kPa, alterou significativamente ($p < 0,01$) as razões para os demais constituintes.

Para lipídeos o teor em folhas foi, em média, 10 vezes maior do que o encontrado em caules (razão caule/folha de 0,10; Tabela 29 e Figura 41).

Tabela 29. Valores médios $\pm$ desvio padrão, resumo das análises de variância e regressão polinomial, equações de regressão ($\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2) para a razão caule/folha em relação ao teor de cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos em plantas de Ora-pro-nóbis, em base seca 105 °C, aos 140 dias após o transplante.

Potencial mátrico (kPa)		Razão caule/folha				
		Cinzas	Proteínas	Lipídeos (% % ⁻¹)	Fibra bruta	Carboidratos
-10		0,26 $\pm$ 0,04	0,36 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,03	1,96 $\pm$ 0,09	1,43 $\pm$ 0,06
-30		0,36 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,04	0,10 $\pm$ 0,02	1,95 $\pm$ 0,41	1,21 $\pm$ 0,08
-50		0,35 $\pm$ 0,06	0,38 $\pm$ 0,05	0,12 $\pm$ 0,05	2,43 $\pm$ 0,36	1,14 $\pm$ 0,08
-70		0,41 $\pm$ 0,06	0,49 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,08	3,82 $\pm$ 0,65	1,04 $\pm$ 0,05
Fonte de variação ^a GL		Quadrado médio				
Tratamento	3	0,0212**	0,0200**	0,0027 ^{NS}	4,6778**	0,1634**
Resíduo	20	0,0026	0,0019	0,0029	0,1816	0,0046
Total	23	-	-	-	-	-
^b CV (%)	-	14,79	10,48	55,40	16,76	5,66
R. Grau 1	1	0,0546**	0,0392**	0,0066 ^{NS}	11,0413**	0,4613**
R. Grau 2	1	0,0020 ^{NS}	0,0045 ^{NS}	0,0015 ^{NS}	2,9400 ^{NS}	0,0193 ^{NS}
R. Grau 3	1	0,0071 ^{NS}	0,0161**	0,0000 ^{NS}	0,0521 ^{NS}	0,0097 ^{NS}
Variável	Equações de regressão					R ²
Cinzas	$\hat{y} = 0,2605 - 0,0021x^{(**)}$					0,8576
Proteínas	$\hat{y} = 0,3398 - 0,0018x^{(**)}$					0,6428
Lipídeos	$\hat{y} = 0,10^{NS}$					-
Fibra bruta	$\hat{y} = 2,2917 + 0,0397x + 0,00088x^2^{(**)}$					0,9963
Carboidratos	$\hat{y} = 1,4513 + 0,0062x^{(**)}$					0,9393

^aGraus de liberdade; ^bCoefficiente de variação; ^{NS}, **, * Não significativo, significativo estatisticamente a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; R. = Regressão.

As razões caule/folha para os teores de cinzas e proteínas tiveram praticamente a mesma variação entre -10 e -70 kPa, linearmente crescentes com a redução no potencial mátrico, à taxas de aproximadamente 0,002 kPa⁻¹ (Tabela 29 e Figura 41). Entre os teores de cinzas a razão caule/folha aumentou cerca de 45% de -10 a -70 kPa, aumento este em função do aumento linear verificado no teor de cinzas no caule (Tabela 27 e Figura 39), uma vez que nas folhas o teor de cinzas não variou significativamente (Tabela 24 e Figura 37) com a redução do potencial mátrico do solo. Em todo o intervalo de potencial mátrico estudado o teor de cinzas em caules foi menor, representando de 28% (-10 kPa) a 41% (-70 kPa) do teor de cinzas em folhas.

A razão entre os teores de proteína em caules e folhas teve aumento de 30%

entre -10 kPa e -70 kPa. Os teores em caules variaram de 36% dos teores em folhas a -10 kPa a 47% a -70 kPa (Tabela 27), nas folhas o aumento foi menor, 48% (Tabela 24), o que resultou no aumento verificado na razão caule/folha.

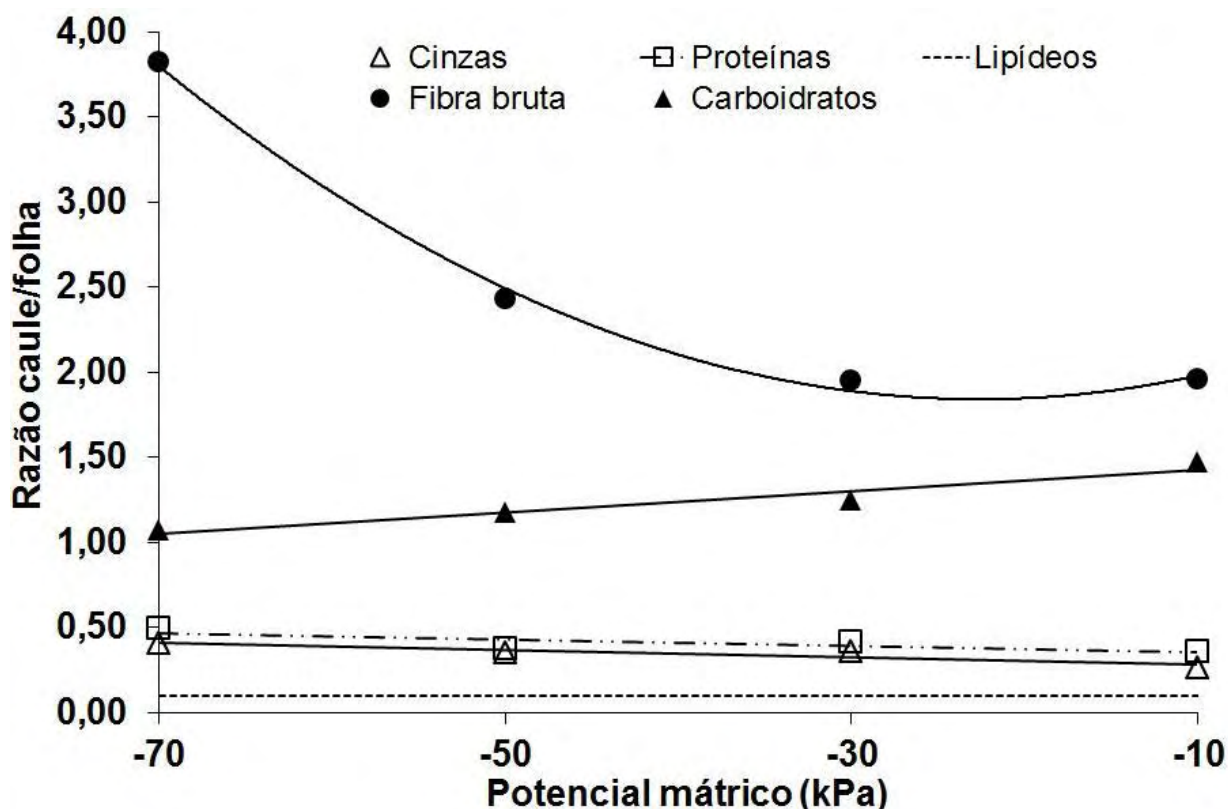


Figura 41. Razões caule/folha para os teores de cinzas, lipídeos, proteínas, fibra bruta e carboidratos em Ora-pro-nóbis cultivada em função do potencial mátrico no solo, em base seca a 105 °C, aos 140 dias após o transplântio.

A razão caule/folha para teor de fibra bruta apresentou comportamento quadrático, com redução de 7% de -10 kPa (1,98) para -22,6 kPa (1,84; ponto de mínimo) e acréscimo de 108% entre o valor dessa razão neste ponto e o valor em -70 kPa (3,82). Esse comportamento foi determinado principalmente pelo teor de fibras nas folhas, uma vez que a variação do teor nos caules em função da variação no potencial mátrico do solo não foi significativa.

Os valores sempre maiores que 1,0 da razão caules/folhas para esta variável evidenciam que, independentemente do potencial mátrico do solo, os caules apresentaram maior teor de fibra bruta do que as folhas.

A razão caule/folha para o teor de carboidratos reduziu linearmente com a redução do potencial mátrico do solo (Figura 41) à taxa de $0,0062 \text{ kPa}^{-1}$. A diminuição nessa razão chega a um valor muito próximo de 1,0 no potencial mátrico -70 kPa, o que representa que sob esse potencial mátrico os teores de carboidratos em caules e folhas foram praticamente iguais. Esse resultado revela que a diferença nos teores de carboidratos de caules e folhas é reduzida com a diminuição do potencial mátrico. Entre -10 kPa e -70 kPa houve redução de 26,5% na razão entre os teores de carboidratos. Em caules, para todos os potenciais mátricos, o teor de carboidratos foi superior ao encontrado em folhas.

5. CONCLUSÕES

A redução intermitente do potencial mátrico do solo a partir de -5 kPa até -10 kPa, -30 kPa, -50 kPa ou -70 kPa como estratégia de manejo de irrigação para o cultivo de *Ora pro-nóbis* a partir de estacas, em vasos e em casa de vegetação, até 140 dias após o transplântio, proporciona:

- redução no volume total de água aplicado por vaso e no número de irrigações; aumento no intervalo entre irrigações e no volume médio de água aplicado por vaso em cada irrigação;

- redução na massa seca acumulada em folhas, caules, parte aérea e na planta toda com a redução do potencial mátrico de -10 kPa para -70 kPa enquanto em raízes a redução ocorreu de -10 kPa a -58 kPa com tendência à estabilização até -70 kPa;

- mudança na alocação de massa entre as partes da planta. Em folhas a redução na acumulação de massa seca é proporcionalmente menor do que em caules entre -10 kPa e -70 kPa, e nesse é menor do que em raízes entre -10 kPa e -50 kPa e maior entre -50 kPa e -70 kPa;

- não variação da área foliar, mas aumento das razões entre a área foliar e a massa seca acumulada nas folhas (área foliar específica), o que indica provável modificação anatômica nas folhas (redução da espessura das folhas), e entre a área foliar e a massa seca acumulada na planta toda (razão de área foliar), significando que as folhas se tornam menos eficientes em produzir e translocar biomassa para as demais partes da planta com a redução do potencial mátrico do solo;

- aumento da razão entre a massa seca acumulada na planta e o volume de água aplicado em função da variação do potencial mátrico do substrato (eficiência de uso da água de irrigação), comportamento este inverso ao da acumulação de massa seca, indicando que a redução no acúmulo de massa seca na planta ocorre à taxa menor do que a de redução do volume de água do substrato necessário às plantas por unidade de potencial mátrico;

- nas folhas, independentemente da variação do potencial mátrico do substrato, tanto o índice estomático (razão entre o número de células estomáticas e o número total de células da epiderme da face da folha) quanto a densidade estomática (número de células estomáticas por unidade de área da face da folha) são maiores na face de baixo (abaxial) do que na face de cima (adaxial). A razão dessas variáveis entre as duas faces da folha também não varia com a variação do potencial mátrico do substrato;

- aumento do teor de N em folhas e caules nos potenciais mátricos de -10 kPa a -70 kPa e em raízes de -30 kPa a -70 kPa. De -10 kPa a -30 kPa o teor de N em raízes diminui; o teor de P aumenta em caules e não varia em folhas e raízes; o teor de K aumenta em caules, não varia em raízes e diminui em folhas na faixa entre -10 kPa e -40 kPa e aumenta entre -40 kPa e -70 kPa; o Ca é o único macronutriente cujos teores não variam com a variação do potencial mátrico tanto em folhas quanto em caules e em raízes; o teor de Mg não varia em folhas, aumenta em caules em toda a faixa de potenciais mátricos avaliados e em raízes é crescente de -10 kPa a -45 kPa e decrescente daí até -70 kPa; o teor de S aumenta em caules mas não varia nem em folhas nem em raízes com a variação do potencial mátrico;

- independentemente do potencial mátrico, o teor de N em folhas é maior do que em raízes e nestas é maior do que em caules (N-folhas>N-raízes>N-caules), o teor de P é maior em folhas, depois em caules e depois em raízes (P-folhas>P-caules>P-raízes) assim como os teores de K (K-folhas>K-caules>K-raízes), de Ca (Ca-folhas>Ca-caules>Ca-raízes) e de Mg (Mg-folhas>Mg-caules>Mg-raízes); a hierarquia entre as partes da planta para o teor de S depende do potencial mátrico da seguinte forma: de -10 kPa a -50 kPa: S-raízes>S-folhas>S-caules; de -50 kPa a -70 kPa: S-raízes>S-caules>S-folhas;

- independentemente do potencial mátrico do substrato, a ordem decrescente de teores de macronutrientes nas partes da planta é a seguinte: folhas: Ca>N≈K>Mg>P>S; caules: K>Ca>N>P>S; raízes: N>Ca≈K>Mg>S≈P; parte aérea e planta toda: Ca>K>N>Mg>P>S. Em folhas, parte da planta mais utilizada para consumo, o teor de Ca é duas vezes maior do que os teores de N e de K, cerca de três

vezes o de Mg, 23 vezes o de P e 89 vezes o teor de S.

- aumento, em folhas, nos teores de proteína, carboidratos e água, diminuição nos de lipídeos, de extrato seco e no valor energético; o teor de cinzas não varia e o de fibra bruta aumenta de -10 kPa a -22 kPa e decresce daí até -70 kPa; em caules, aumento nos teores de proteína, cinzas e água enquanto os de carboidratos, de extrato seco e o valor energético diminuem e os teores de lipídeos e fibra bruta não variam com a redução do potencial mátrico do solo.

Considerando os resultados obtidos nesta pesquisa, o cultivo agrônômico de Ora-pro-nóbis com vistas, principalmente, à produção de folhas para consumo *in natura* ou como produto processado, o manejo da irrigação pode ser feito com base no potencial mátrico do substrato segundo dois objetivos principais, um para a maior produção de massa e outro para a melhor qualidade nutricional. Para a maior produção de massa, o manejo de irrigação com tensiômetros convencionais de cápsula de cerâmica microporosa deve ser feito para manter o potencial mátrico do substrato com pequena variação, até -10 kPa, o que resulta em maior consumo de água. Para a obtenção de melhor qualidade nutricional das folhas o manejo de irrigação pode ser feito permitindo variação maior do potencial mátrico do substrato até por volta de -70 kPa.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF, M. D.; MAGELHAES, P. J.; RAM, S. J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics International**, v. 11, p. 36-42, 2004.
- ACCORSI, W.; DOSOUTO, R. Ladainha Comestível. **Revista Globo Rural**, São Paulo, SP, v. 244, p. 2, 2006.
- AGUIAR, T. V.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; AZEVEDO, A. A.; FERREIRA, R. S. Anati Quanti: Software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 649-659, 2007.
- AGUIAR NETO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; BASTOS, E. A.; ONO, E. O. Desenvolvimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.), submetidas à diferentes potenciais da água no solo: índices fisiológicos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 52, n. 3, p. 521-527, 1995.
- ALBUQUERQUE, M. G. P. T.; SABAA SRUR, A. U. O.; FREIMAN, L. O. Composição centesimal e escore de amino-ácidos em três espécies de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill., *P. bleu*, *P. pereskia* (L) Karsten). **Boletim SBCTA**, Campinas, SP, v. 25, n. 1, p. 7-12, 2001.
- ALMEIDA, M. M. B.; LOPES, M. F. G.; NOGUEIRA, C. M. D.; MAGALHÃES, C. E. de C.; MORAIS, N. M. T. de. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 22, n. 1, p. 94-97, 2002.
- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do "Ora-Pro-Nobis". **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 105-111, 1974.
- AMARO, G. B.; SILVA, D. M. da; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças. Brasília, DF, p. 16. 2007.
- ANDERSON, J. J. B. Minerais. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11^a. ed. São Paulo, SP: Roca, v. 1, 2005. Cap. 5, p. 115-153.
- ANVISA. **Portaria nº 27** - Informação Nutricional complementar. Agência Nacional de

Vigilância Sanitária. Brasília, DF. 1998.

ANVISA. **RDC 360**, 23 de dezembro de 2003. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Brasília, DF. 2003.

ANVISA. **RDC 269**, 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Brasília, DF. 2005.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2^a. ed. Viçosa, MG: UFV, v. 1, 1999. 416 p.

ARAÚJO, T. V.; MOREIRA, W. J. Preliminary evaluation of the germination percentage and register of germination speed of seeds of ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, GO, v. 6, n. 9, p. 1-6, 2010.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lista final das espécies da flora ameaçadas - RS - Decreto 42099 de 31 de dezembro de 2002**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2003.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Leaf cactus (*Pereskia aculeata*) weed management guide. **Weeds in Australia - Publications and resources**, 2003. Disponível em: <<http://www.weeds.gov.au/publications/guidelines/alert/p-aculeata.html>>. Acesso em: 15 maio 2010.

BANGASH, J. A.; ARIF, M.; KHAN, F.; KHAN, F.; AMIN-UR-RAHMAN; HUSSAIN, I. Proximate composition, minerals and vitamins content fo selected vegetables grown in Peshawar. **Journal of Chemical society of Pakistan**, Karachi, Pakistan, p. 118-122, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALHEIROS, E. B.; BANZATTO, D. A. **Estat**: um sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal, SP, 1992.

BARROS, K. N.; GUIMARÃES, H. E. T.; SARTOR, C. P.; FELIPE, D. F. Desenvolvimento de uma pomada contendo extrato de *Pereskia aculeata*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, VI, 2009. Maringá. **Anais...** Maringá: Cesumar, 2009. p. 1-4.

BARROS JÚNIOR, G., GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a

estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.

BAUERMAN, G. ImageSurvey: Processamento de imagens na prática. **Tutorial ImageJ**: medição de área foliar, 2009. Disponível em: <<http://www.imagesurvey.com.br/2009/02/tutorial-imagej-medicao-de-area-foliar/>>.

Acesso em: 1 jun 2010.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003. 42 p.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia Vegetal**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2004. 169 p.

BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. de O.; TONANI, F. L.; PAZIANI, S. de F.; ANDRADE, P. de. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1572-1578, 2001.

BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potencial - are they compatible, dissonant, ou mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, p. 1159-1168, 2005.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3ª ed. rev. atual. São Paulo: Varela, v. 1, 2003. 238 p.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E. REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1099-1111, 1995.

BOKE, N. H. Organogenesis of the vegetative shoot in *Pereskia*. **American Journal of Botany**, v. 41, p. 619-637, 1954.

BOKE, N. H. Ontogeny and structure of the flower and fruit of *Pereskia aculeata*. **American Journal of Botany**, v. 53, n. 6, p. 534-542, jul 1966.

BOKE, N. H. Developmental morphology and anatomy in cactaceae. **Bioscience**, v. 30, n. 9, p. 605-610, 1980.

- BRASIL. **Alimentos Regionais Brasileiros**. Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2002. (Série F. Comunicação e educação em saúde, n.21). 140 p.
- BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira**. Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2004. 120 p.
- BRASIL. **Decreto 5.813 de 22 de junho de 2006**. Aprova a política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos. Casa Civil. Brasília, DF, 2006.
- BRASIL. **Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Ministério da saúde. Brasília, DF, 2007. (Série B. Textos básicos de saúde). 60 p.
- BRASIL. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Belo Horizonte, MG, 2010. 92 p.
- BRASIL. **Formulário de fitoterápicos da farmacopeia brasileira**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2011. 126 p.
- BRITO, A. dos. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho de tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 17-24, 2009.
- BRITO, G. G. de.; SOFIATTI, V.; LIMA, M. M. de A.; CARVALHO, L. P. de; SILVA FILHO, J. L. da. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, PR, v. 33, n. 1, p. 117-125, 2011.
- BUTTERWORTH, C. A.; WALLACE, R. S. Molecular phylogenetics of the leafy cactus genus *Pereskia* (Cactaceae). **Systematic Botany**, v. 30, n. 4, p. 800-808, 2005.
- CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brasilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, p. 179-189, 2000.
- CAMPOS, F. P. D.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. 1ª. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, v. 1, 2004. 135 p.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C. de; SEVERIANO, E. da C.; ZEVIANI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 77-86, 2011.
- CARVALHO, H. H.; JONG, E. V. D. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre, RS: UFRS, v. 1, 2002. 180 p.

CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SOARES, A. M.; MELO, H. C.; BERTALUCCI, S. K. V.; VIEIRA, C. V.; JÚNIOR, E. C. L. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v. 9, n. 2, p. 8-16, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ª ed. Campinas, SP: UNICAMP, v. 1, 2007. 208 p.

CERQUEIRA, Y. M. Efeito da deficiência de água na antomia foliar de cultivares de mandioca *Manihot esculenta* Crantz. I Densidade estomática. **Sitientibus**, Feira de Santana, BA, v. 10, p. 103-115, 1992.

CHAMPS, N. S.; FAGUNDES, T. C.; MELO, L. J. de; RODRIGUES, H. L.; ACÚRIO, F. de A.; COSTA, P. R. da; BRANDÃO, M. das G. L. Utilização de plantas em feridas por pacientes do Hospital Público Regional de Betim (MG). **Revista Médica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, v. 13, n. 3, p. 173-178, 2003.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. C. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in field: photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916, 2002.

CONCEIÇÃO, M. K. D.; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. D. L. Partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) LAM), cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 10, n. 3, p. 313-316, 2004.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. **Megadiversidade**. 2011. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/como/index.php?id=11>>. Acesso em: 12 outubro 2011.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2ª. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994. 162 p.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido à déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, p. 1-7, 2004.

COSTA, N. M. D. S.; SILVA, G. O.; RESENDE, S. G.; TOFANELLI, M. B. D. Sistema de condução na produção de ora-pro-nobis. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA,

- 6, 2008, Anápolis. **Anais...** Anápolis: UEGO, 2008. p. 1-7.
- COUTO, M. E. O. **Coleção de plantas medicinais aromáticas e condimentares**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2006. 91 p. (Documentos, 157).
- DAMASCENO, A. D. A.; BARBOSA, A. A. A. Levantamento etnobotânico de plantas do bioma cerrado na comunidade de Martinésia, Uberlândia, MG. **Horizonte Científico**, Uberlândia, MG, v. 2, n. 1, p. 30, 2008.
- DAU, L.; LABORIAU, L. G. Temperature control of seed germination in *Pereskia aculeata* Mill. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, RJ, v. 2, n. 46, p. 311-322, 1974.
- DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the cactaceae *Pereskia aculeata* Mill. I. **Nutrition Reports International**, v. 15, n. 5, p. 529-537, 1977a.
- DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the cactaceae *Pereskia aculeata* Mill. II. **Nutrition Reports International**, v. 15, n. 5, p. 539-545, 1977b.
- DOETSCH, P. W.; CASSADY, J. M.; MCLAUGHLIN, J. L. Identification of mescaline and other b-phenethylamines in *Pereskia*, *Pereskopsis* and *islaya* by use of fluorescamine conjugates. **Journal of chromatography**, v. 189, p. 79-85, 1980.
- DOSOUTO, R. Ora-pro-nóbis: a planta que dá pão. **Jardim de Flores**. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A03orapronobis.htm>>. Acesso em: 06 maio 2009.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, versão 2.0). **Scientia Agricola**, Piracicada, SP, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.
- DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, PB, v. 15, n. 4, p. 103-109, 2005.
- EDWARDS, E. J.; DONOGHUE, M. J. *Pereskia* and the origin of the cactus life-form. **The American Naturalist**, v. 167, n. 6, p. 777-793, jun 2006.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2ª. ed.

Brasília, DF: EMBRAPA, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2ª. ed. Ed. Planta, 2004. 404 p.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11ª. ed. São Paulo: Roca Ltda, 2005. Cap. 3, p. 35-69.

FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2008. Cap. 2, p. 33-50.

FAGERIA, N. K. Otimização e eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 2, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. In: SPARKS, D. L. **Advances in Agronomy**. Elsevier, 2011. p. 251-331.

FANQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1996. 112 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. E. M. de; PURCINO, A. Á. C. Metabolismo de nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 1, p. 13-17, 2002.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; VASCONSELLOS, C. A.; ARAÚJO NETO, J. C. Acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2008.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FIRCKS, Y. von; ERICSSON, T.; SENNERBY-FORSSE, L. Seasonal variation of

macronutrients in leaves, stems and roots of *Salix dasyclados* Wimm. grown at two nutrient levels. **Biomass and bioenergy**, v. 21, p. 321-334, 2001.

FONSECA, R. C. B. **Espécies-chave em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual**. 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9ª. ed. São Paulo, SP: Atheneu, 2002.

FURLAN, M. R. **Cultivo de plantas medicinais**. Cuiabá, MT: Sebrae, 1999. 146 p. (Coleção Agroindústria, v. 13).

FURLANI, Â. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 1ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, v. 1, 2004. Cap. 2, p. 40-75.

GARCÍA, M.; LAPP, M.; CASTRO, M.; TORRECILLA, P. Anatomia foliar comparada de cuatro especies del genero *Pereskia* (Plum.) Miller (cactaceae). **Ernstia**, v. 10, n. 1, p. 27-41, 2000.

GEHRIG, H. H.; HEUTE, V.; KLUGE, M. Toward a better knowledge of the molecular evolution of phosphoenolpyruvate carboxylase by comparison of partial cDNA sequences. **Journal of Molecular Evolution**, v. 46, p. 107-114, 1998.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

GIORGETTI, M.; FONSECA, R. C. B.; ARRUDA, A. A. Importância de *Pereskia aculeata* (Plum.) Mill. (cactaceae) como fonte de alimento para a avifauna em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Botucatu-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ORNITOLOGIA, XII, 2004, Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2004. p. 232.

GIRÃO, L. V. C.; SILVA FILHO, J. C.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Avaliação da composição bromatológica de ora-pro-nóbis. In: CONGRESSO DE OLERICULTURA, 43^o, 2003, Recife, PE. **Anais...** Recife: ABH, 2003. p. 1-4.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. das G. L.; BERG, C. V. D. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**,

Belo Horizonte, MG, v. 1, n. 1, p. 52-61, 2005.

GONDIM, A. R. D. O.; PIUATTI, M.; VENTARELLA, M. C.; CECOM, P. R. Plasticidade anatômica de folhas de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 67, n. 4, p. 1037-1045, 2008.

GONZAGA, S. G. Ora-pro-nobis: que flores são essas? **Mensagem Doce**, São Paulo, SP, v. 82, p. 1-2, 2005.

GRONNER, A.; SILVA, V. D.; MALUF, W. R. **Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*): a carne de pobre**. UFLA. Lavras, MG, p. 1. 1999.

GUIMARÃES, H. E. T.; Barros, K. N.; Sartor, C. F. P.; Patroni, S. M. S. Cultivo e avaliação do teor proteico das folhas de *Pereskia aculeata*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 6, 2009, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: Cesumar, 2009. p. 1-5.

HIGA, K. M.; RODRIGUES, L. R. Propagação de *Pereskia aculeata* Miller (cactaceae) por germinação in vitro e emergência em substrato. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, IX, 2009, São Lourenço, MG. **Anais...** São Lourenço: SEB, 2009. p. 1-2.

HIGA, K. M.; RODRIGUES, L. R.; FIOR, C. S. Multiplicação in vitro de ora-pro-nóbis - *Pereskia aculeata* Miller (cactaceae). In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XXI, 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 2009. p. 1.

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. **Journal Plant Nutrition**, v. 168, p. 541-549, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: LUTZ, I. A. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição/1ª edição digital. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 2008. Cap. 4, p. 1020.

JAN, G.; KAHAN, M.; AHMAD, M.; IQBAL, Z.; AFZAL, A.; AFZAL, M.; SHAH, G. M.; MAJID, A.; FIAZ, M.; ZAFAR, M.; WAHEED, A.; GUL, F. Nutritional analysis, micronutrients and chlorophyll contents of *Cichorium intybus* L. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 12, p. 2452-2456, 2011.

KINUPP, V. F. Plantas alimentícias não-convencionais (PANCs): uma riqueza negligenciada. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 61ª, 2009, Manaus, AM. **Anais...** Manaus: UFAM, 2009. p. 4.

- KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. D. Teores de proteínas e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 857, p. 846, 2008.
- KIRKHAM, M. B. Tensiometers. In: KIRKHAM, M. B. **Principles of soil and plant water relations**. 1ª. ed. Elsevier, 2005. p. 41-54.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408 p.
- KRAMER, P. P. Evolution and Agricultural Water Use. In: KRAMER, P. P.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soil**. 1. ed. Academic Press, v. 1, 1995. Cap. 12, p. 377-404.
- KROON, H. D.; HUBER, H.; STUEFER, J. F.; van GROENENDAEL, J. M. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. **New Phytologist**, v. 166, p. 73-82, 2005.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. D. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1969-1975, 2008.
- LEUENBERGER, B. E. **Pereskia (cactaceae)**. Nova York: Memoirs of The New York Botanical Garden, v. 41, 1986. 141 p.
- LEUENBERGER, B. E. Observations on the growth of seedlings of *Pereskia* (cactaceae). **Cactus and Succulent Journal**, Claremont, CA, v. 64, n. 5, p. 237-241, 1992a.
- LEUENBERGER, B. E. Leaf-bearing cacti (Genus *Pereskia*) in cultivation. **Cactus and Succulent Journal**, Claremont, CA, v. 64, n. 5, p. 247-263, 1992b.
- LIEBERSBACH, H.; STEINGROBE, B.; CLAASSEN, N. Roots regulate ion transport in the rhizosphere to counteract reduced mobility in dry soil. **Plant and Soil**, v. 260, n. 1-2, p. 79-88, 2004.
- LI-PING, B.; FANG-GONG, S.; TI-DA, G.; ZHAO-HUI, S.; YIN-YAN, L.; GUANG-SHENG, Z. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. **Pedosphere**, v. 16, n. 3, p. 326-332, 2006.
- LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp) in response to drought stress. **Scientia**

Horticulturae, v. 102, p. 15-27, 2004.

LOPES, W. A. L.; SOUZA, L. A.; MOSCHETA, I. M.; ALBIERO, A. L. M.; MOURÃO, K. S. M. A comparative anatomical study of the stems of climbing plants from the forest remnants of Maringá, Brazil. **Gayana Botanica**, Concepción, Chile, v. 65, n. 1, p. 28-38, 2008.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.

LUCENA, I. C. D.; ORTÍZ, C. E. R.; LOBO, F. de A.; DALMOLIN, A. C. Densidade estomática e intercâmbio gasoso em *Hancornia speciosa* Gómez (mangaba) sob irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA, XII, 2009, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBFV, 2009. p. 1-2.

MACHADO, A. V. **Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum Brasiliense* MART. (CHLORANTHACEAE)**. 2004. 65 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MADEIRA, N. R.; SILVEIRA, G. S. R. Ora-pro-nóbis. **Globo Rural**, São Paulo, SP, v. 294, p. 100-101, abr 2010.

MAGALHÃES, C. G. **Efeito do estresse hídrico sobre a composição química e atividade antimicrobiana no óleo essencial de três espécies de *leptospermum* J. R. Forst & G. Forst (Mirtaceae)**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

MAGALHÃES, R. de O.; SANTOS, G. M.; QUEIROZ, C. R. A. dos A.; ANDRADE, R. R. de; OLIVEIRA, F. de M.; MORAIS, S. A. L. de; PAVANI, L. C. Avaliação físico-química de folhas de ora-pro-nóbis obtidas de plantas catalogadas no município de Uberlândia, MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, I, 2011, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 4.

MAKSIMOVIC, I. V.; KASTORI, R. R.; PETROVIC, N. M.; KOVACEV, L. M.; SKLENAR, P. S. The effect of water potencial on accumulation fo some essencial elements in sugarbeet leaves (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris*). **Proceedings for Natural Sciences**, v. 104, p. 39-50, 2003.

- MARCHESE, J. A.; MING, L. C.; DUCATTI, C.; BROETTO, F.; SILVA, E. T. da; LEONARDO, M. Carbon isotope composition as a tool to control the quality of herbs and medicinal plants. **Photosynthetica**, v. 44, n. 1, p. 155-159, 2006.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. 3^a. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009.
- MARKUS, G.; PASKAL, M. Potassium transporters in plants - involvement in K⁺ acquisition, redistribution and homeostasis. **FEBS Letters**, v. 581, p. 2348-2356, 2007.
- MARTINS, M. de O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D. de; SANTOS, M. G. dos. Crescimento de plantas jovens de nin-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss - Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.
- MARTINS, M. M. Lianas as a food resource for brown howlers (*Alouatta guariba*) and southern muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in a forest fragment. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 32, n. 1, p. 51-58, 2009.
- MATISSEK, R.; SCHNEPEL, F. M.; STEINER, G. **Análisis de los alimentos: fundamentos, metodos, aplicaciones**. Tradução de Otilia López Buesa. 2^a. ed. Zaragoza, ES: Acribia, 1992. 416 p.
- McDONNELL, D. B.; HOST, J. Influence of watering frequency on growth and anatomy of lemon vine. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 93, p. 164-165, 1980.
- MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo da água. I: Efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 29, n. 5, p. 940-947, 2005.
- MERCÊ, A. L.; LANDALUZE, J. S.; MANGRICH, A. S.; SZPOGANICZ, B.; SIERAKOWISKI, M. R. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺ e Ni²⁺. **Bioresource Technology**, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001.
- MERRYL; A. L.; WATT, B. K. Energy value of foods: Basis and derivation, Revised. U.S. Department Agriculture, 1973. Disponível em <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>>. Acesso em: jun 2012.

- MOHAN, V. R.; KALIDASS, C. Nutritional and antinutritional evaluation of some unconventional wild edible plants. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 12, p. 495-506, 2010.
- MORAES, C. M. dos S.; QUEIROZ, C. R. A. dos A.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Composição centesimal de folhas de ora-pro-nóbis cultivada sob níveis de luminosidade por sombreamento artificial. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1, 2010, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2010a. p.1-4.
- MORAES, C. M. dos S.; QUEIROZ, C. R. A. dos A.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Composição centesimal do caule de ora-pro-nóbis cultivada sob diferentes luminosidades. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, 3, 2010, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2010b. p.1-4.
- MORAN, V. C.; ZIMMERMANN, H. G. Biological control of cactus weeds of minor importance in South Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 37, p. 37-55, 1991.
- MUNIZ, H. J. T. **Colecionando frutas**. 1ª. ed. São Paulo, SP: Arte e Ciência, v. 1, 2008. 352 p.
- NACHTIGALL, A. M.; STRINGHETA, P. C.; FIDELLIS, P. C.; NACHTIGALL, F. M. Determinação do teor de luteína em hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, PR, v. 25, n. 2, p. 181-192, 2007.
- NEPA/UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - (TACO)**. 4ª. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em nov. 2011.
- NOELLI, F. S. Múltiplos usos de espécies vegetais pela farmacologia Guarani através de informações históricas. **Diálogos**, Maringá, PR, v. 2, n. 1, p. 177-199, 1998.
- ODHAV, B.; BEEKRUM, S.; AKULA, U.; BAIJNATH, H. Preliminary assessment of nutritional value of tradicional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 430-435, 2007.
- OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. de S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.

- OLIVEIRA, C. D. D. de **Avaliação do potencial antimicrobiano e tripanocida de *Pereskia aculeata* Miller**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade de Franca. Franca, 2008.
- OLIVEIRA, L. M. D.; SANTOS, L. S.; QUEIROZ, C. R. A. A.; ANDRADE, R. R.; PAVANI, L.C. Aproveitamento de frutos de ora-pro-nóbis para elaboração de geleia. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, **Anais...** Uberlândia: IFTM. 2011. p. 1-4.
- PALLAORO, H. T. M. **Nutrição molecular: melhorando a qualidade de vida**. 3ª. ed. Petrópolis: Vozes, v. 1, 1997. 117 p.
- PEDRONI, F.; SANCHES, M. Dispersão de sementes de *Pereskia aculeata* Muller (cactaceae) num fragmento florestal no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 3, p. 479-486, 1996.
- PEIXOTO, C. P. **Curso de Fisiologia Vegetal**. Cruz das Almas, BA. 2010. 177 p.
- PEREDA, J. A. O. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre, RS: Artmed, v. 1, 2005. 294 p.
- PEREIRA, O. L.; BARRETO, R. W.; CAVALLAZZI, J. R. P.; BRAUN, U. The mycobiota of the cactus weed *Pereskia aculeata* in Brazil, with comments on the life-cycle of *Uromyces pereskiae*. **Fungal Diversity**, v. 25, p. 127-140, 2007.
- PINTO, L. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KNAPIK, J. G. Enraizamento de *Pereskia aculeata* pela aplicação de ácido indol butírico (IBA) em solução concentrada e talco. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53º, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBB, 2002. p. 36.
- PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; THÉ, P. M. P.; CARVALHO, V. D. de Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio em partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 7, n. 3, p. 205-208, 2001.
- PIMENTA, J. A. Relações hídricas. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2004. Cap. 1, p. 2-39.
- PRADO, R. D. M. **Nutrição mineral de Plantas**. Jaboticabal: UNESP, 2008. 407 p.
- QUEIROZ, C. R. A. dos. A.; MELO, C. M. T.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C.;

- MORAIS, S. A. L. de. Composição centesimal de frutos de ora-pro-nóbis. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 34^a, 2011, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: SBQ, 2011. p. 1.
- RASBAND, W. S. US National Institutes of Health. **ImageJ**, 1997-2000. Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 1 jun. 2010.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Os processos. In: REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**. Conceitos, processos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2004. p. 87-145.
- ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, v. 44, p. 85-104, 2000.
- ROCHA, D. R. da C.; PEREIRA JÚNIOR, G. A.; VIEIRA, G.; PANTOJA, L.; SANTOS, A. S. dos; PINTO, N. A. V. D. Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, p. 459-465, 2008.
- ROSA, L.; QUEIROZ, C. R. A. dos A.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Avaliação físico-química de bolo com folhas de ora-pro-nóbis *in natura*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, I, 2011, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM. 2011. p. 4.
- ROSA, S. M. D.; SOUZA, L. A. D. Morfoantomia do fruto (hipanto, pericarpo e semente) em desenvolvimento de *Pereskia aculeata* Miller (cactaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, PR, v. 25, n. 2, p. 415-428, 2003.
- ROYO, V. de A.; MORAES, F. R. C. de; CESTARI, A.; LIMA, T. C.; SILVA, M. L. A. e; MARTINS, C. H. G.; FURTADO, N. A. J. C. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato bruto de ramos de *Pereskia aculeata* Mill. In: ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, XIX, Ouro Preto, MG. **Anais...** Ouro Preto: SBQ, 2005. p. 171.
- SAJEVA, M.; MAUSETH, J. D. Leaf-like structure in the photosynthetic, succulent stems of cacti. **Annals of Botany**, v. 68, p. 405-411, 1991.
- SALAZAR, J.; VELÁSQUEZ, R.; QUESADA, S.; PICCINELLI, A. L.; RASTRELLI, L. Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves

(chomte). **Food Chemistry**, v. 97, p. 343-348, 2006.

SALT, T. A.; TOCKER, J. E.; ADLER, J. H. Dominance of Δ^5 -sterols in eight species of the cactaceae. **Phytochemistry**, New York, USA, v. 26, n. 3, p. 731-733, 1987.

SANGAKKARA, U. R.; FREHNER, M.; NÖSBERGER, J. Influence of soil misture and fertilizer potassium on the vegetative growth of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 186, n. 2, p. 73-81, 2001.

SANTOS, G. M.; MAGALHÃES, R. de O.; QUEIROZ, C. R. A. dos A.; ANDRADE, R. R. de; OLIVEIRA, F. de M.; MORAIS, S. A. L. de; PAVANI, L. C. Catalogação de ora-pro-nóbis em cultivo no município de Uberlândia, MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, I, 2011, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 4.

SANTOS, L. S.; OLIVEIRA, L. M.; ANDRADE, R. R.; QUEIROZ, C. R. A. A.; GALBIATTI, J. A.; PAVANI, L. C. Produção de licor de frutos de ora-pro-nóbis. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 1-4.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SARTOR, C. F. P.; AMARAL, V.; GUIMARÃES, H. E. T.; BARROS, K. N.; FELIPE, D. F.; CORTEZ, L. E. R.; VELTRINI, V. C. Estudo da ação cicatrizante das folhas de *Pereskia aculeata*. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, PR, v. 3, n. 2, p. 149-154, 2010.

SCARANO, F. R.; DUARTE, H. M.; RIBEIRO, K. T.; RODRIGUES, P. J. F. P.; BARCELOS, E. M. B.; FRANCO, A. C.; BRULFET, J.; DELÉENS, E.; LÜTTGE, U. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographic distribution to ecophysiological parameters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 136, p. 345-364, 2001.

SCHEINVAR, L. **Flora Ilustrada Catarinense: Cactaceas**. Itajaí, SC. v. 1, 1995.

SEO, S. **A Review and Comparison of Methods for Detecting Outliers in Univariate Data Sets**. 2006. 53 f. (Tese de doutorado) University of Pittsburgh. Pittsburgh, US.

2006.

SERAFIM, M. E; ONO, F. B.; ZEVIANI, W. M.; NOVELINO, J. O.; SILVA, J. V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 43, n. 2, p. 222-227, 2012.

SHAO, H.-B.; CHU, L.-Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C.-X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 215-225, 2008.

SHIMIDHALTER, U.; STUDER, C. **Water use efficiency as influenced by plant mineral nutrition**. 1st. Sino-German Workshop "Impact of Plant Nutrition on Sustainable Agricultural Production". Kiel: 1998. p. 9p.

SIERAKOWSKI, M. R.; GORIN, P. A. J.; REICHER, F.; CORRÊA, J. B. C. Some structural features of a heteropolysaccharide from the leaves of the cactus *Pereskia aculeata*. **Phytochemistry**, v. 26, n. 6, p. 1709-1713, 1987.

SIERAKOWSKI, M. R.; GORIN, P. A. J.; REICHER, F.; CORRÊA, J. B. C. Location of O-acetyl groups in the heteropolysaccharide of the cactus *Pereskia aculeata*. **Carbohydrate Research**, v. 201, n. 2, p. 277-284, 1990.

SILVA, D. B. da; AGOSTINI-COSTA, T. da S.; VIEIRA, R. F.; ALVES, R. de B. das N.; GOMES, I. da S.; COSTA, F. V. da; ALVES, V. C. Proteína bruta e teor de minerais em duas espécies de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill. e *P. grandifolia* Haw). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GASTRONOMIA, 3.; SIMPÓSIO REGIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2010, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: UNB:CET; SBCTA, 2010. p. 1-4.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 50, p. 203-217, 2003.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA JÚNIOR, A. A. Da; NUNES, D. G.; BERTOLDI, F. C.; PALHANO, M. N.;

- KOMIEKIEWICZ, N. L. K. Pão de ora-pro-nóbis - um novo conceito de alimentação funcional. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.
- SNYMAN, H. A. Effect of various water application strategies on root development of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* under greenhouse growth conditions. **Journal of Professional association for cactus development**, p. 35-61, 2004.
- SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2000.
- SPSS INC. IBM SPSS. IBM, 2006. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- STOLF, R.; MEDRI, M. E.; PIMENTA, J. A.; BOEGER, M. R. T.; DIAS, J.; LEMOS, N. G.; OLIVEIRA, M. C. N. de; BROGIN, R. L.; YAMANAKA, N.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L. Morpho-anatomical and micromorphometrical evaluations in Soybean Genotypes during water stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, PR, v. 52, n. 6, p. 1313-1331, 2009.
- SUN, C.-X; CHENG-XU, C.; HONG-XING; SHAO, H.-B.; LEI, X.-T.; XIAO, Y. Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 51, p. 10465-10471, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed, v. 1, 2004. 722 p.
- TBCA/USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** – (TBCA/USP). Versão 5.0, 2008. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>> Acesso em 18 nov. 2011.
- TAKEIT, C. Y.; ANTONIO, G. C.; MOTTA, E. M. P.; COLARES-QUEIROZ, F. P.; PARK, K. J. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Science and Technology**, Campinas, SP, v. 1, n. 60, p. 148-160, 2009.
- TOFFANELI, M. B. D.; RESENDE, S. G. Sistemas de condução na produção de folhas de Ora-pro-nobis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 41, n. 3, p. 466-

469, 2011.

Uzcátegui-A, E. Contenido de ácido ascórbico en algunas frutas y vegetales exóticos del Ecuador, determinado por cromatografía líquida de alta presión con fase reversa.

Politecnica, v. x, n. 4, p. 221-233, 1985.

Valente, L. M. M.; Scheinvar, L. A.; Silva, G. C. da; Antunes, A. P.; Santos, F. A. L. dos; Oliveira, T. F.; Tappin, M. R. R.; Aquino Neto, F. R.; Periera, A.S.; Carvalhaes, S. F.; Siani, A. C.; Santos, R. R.; Soares, R. O. A.; Ferreira, E. F.; Bozza, M.; Stutz, C.; Gibald, D. Evaluation of the antitumor and trypanocidal activities and alkaloid profile in species of Brazilian Cactaceae. **Pharmacognosy Magazine**, v. 3, n. 11, p. 167-172, 2007.

Vieira, H. M. P.; Andrade, R. R. de; Queiroz, C. R. A. dos A.; Oliveira, F. de M.; Galbiatti, J. A.; Pavan, L. C. Uso de composto de resíduo agroindustrial e lâminas de irrigação na formação de mudas de *Pereskia aculeata* Mill. em ambiente protegido. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, I, 2011, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 4.

Vilela, E. F.; Büll, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 281-289, 1999.

Villagra, P. E.; Cavagnaro, J. B. Water stress effects on seedling growth of *Proposis argentina* and *Proposis alpataco*. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 390-400, 2006.

Wang, S. H.; Ascheri, J. L. R.; Albuquerque, M. G. P. T.; Borges, G. G. Características tecnológicas y sensoriales de fideos fortificados con diferentes niveles de harina de hojas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill). **Alimentaria**, Madrid, ES, v. 276, p. 91-96, 1996.

Wang, W.; Vinocur, B.; Altman, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, p. 1-14, 2003.

Wang, Z.-Q.; Wu, L.-H.; Animesh, S. Growth and nutrient status in climbing plant (*Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch.) seedling in response to soil

water availability. **Botanical Studies**, v. 51, p. 155-162, 2010.

WARAICH, E. A.; AHMAD, R.; SAIFULLAH; ASHRAF, M. Y.; EHSANULLAH Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 764-777, 2011.

WONDRACEK, D. C.; ROCHA, W. S.; SILVA, D. B. da; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. da S. Caracterização de carotenóides e compostos fenólicos em frutos de *Pereskia aculeata* Mill. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, II, 2008, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: SBRG, 2008. p. 131.

YIN, C.; WANG, X.; DUAN, B.; LUO, J.; LI, C. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 315-322, 2005.

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T. dos; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C. da; SILVA, K. T. da; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. Lista de espécies flora do Brasil, 2012. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB001633>>. Acesso em: 20 jun. 2012.