

Francisco Odécio Sales  
Karine Moreira Gomes Sales  
(Organizadores)

# Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

Francisco Odécio Sales  
Karine Moreira Gomes Sales  
(Organizadores)

# Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Francisco Odécio Sales  
Karine Moreira Gomes Sales

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C968 Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra / Organizadores Francisco Odécio Sales, Karine Moreira Gomes Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-756-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.564212012>

1. Ciências exatas e da terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Sales, Karine Moreira Gomes (Organizadora). III. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção “Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 17 capítulos. Esse 1º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que nos transitam vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais a luz da epistemologia.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins correlatos ao locus cultural.

Temas diversos e interessantes são deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales  
Karine Moreira Gomes Sales




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### A SHORT NOTE ON THE ELECTRON-POSITRON PAIR CREATION

Eduardo De Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120121>

### **CAPÍTULO 2..... 9**

#### BREVES COMENTÁRIOS ACERCA DA GEOQUÍMICA DAS TERRAS PRETAS DE ÍNDIO (TPI's) NA AMAZÔNIA

Matheus Cavalcante Silva

Bianca Soares Costa

Fernanda Ravana da Conceição Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120122>

### **CAPÍTULO 3..... 15**

#### APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO CONTEXTO AROMAS: UMA PROPOSTA DE MATERIAL PARADIDÁTICO PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS

Fernando Vasconcelos de Oliveira

Vanessa Candito

Mara Elisa Fortes Braibante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120123>


### **CAPÍTULO 4..... 27**

#### CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM ESCOLA DO CAMPO SITUADA NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAURU-MT, ATRAVÉS DE PROJETO SUSTENTÁVEL - CISTERNA

Luiz Cláudio Almeida Martins

Rosiane Alexsandra dos Santos Costa

Solange Aparecida Arrolho da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120124>

### **CAPÍTULO 5..... 41**

#### CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR NO ENTORNO DE FAZENDA MARINHA NA ENSEADA DO BANANAL, ILHA GRANDE, ANGRA DOS REIS, RIO DE JANEIRO

Vanessa de Magalhães Ferreira

Tatiana Ribeiro Briglia


Bruno Saliba Souza Almeida

Gabriel Soares Cruz

Camila de Leon Lousada Borges

Gleici Natali Montanini dos Santos

Marcos Bastos Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120125>


### **CAPÍTULO 6..... 69**

#### LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS EM ÁREAS

## CÁRSTICAS NO MUNICÍPIO DE OUROLÂNDIA NO PERÍODO DE 2007 A 2014

Antonieta Antenora Italia Candia

Arlene Lula Moreira De Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120126>

### **CAPÍTULO 7..... 81**

#### **EVAPOTRANSPIRAÇÃO E OS COEFICIENTES DE CULTURA DO CAUPI NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL**

Vivian Dielly da Silva Farias

Marcos José Alves de Lima

Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes

Deborah Luciany Pires Costa

Denis de Pinho Sousa

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza


Vandeilson Belfort Moura

Sandra Andréa Santos da Silva

José Farias Costa

Maysa Lorrane Medeiros de Araújo

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120127>

### **CAPÍTULO 8..... 94**

#### **DIAGNÓSTICO ENÉRGICO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NA FATEC FRANCO DA ROCHA**

Carlos Eduardo Oliveira Santos

José Eduardo Soares de Almeida


Leonardo Augusto dos Santos

Matheus Lira de Almeida

Silvia Maria Farani Costa

Augusto de Toledo Cruz Junior


Valquiria Pereira Alcantara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120128>

### **CAPÍTULO 9..... 110**

#### **FORMAÇÃO INICIAL DOCENTE EM GEOGRAFIA: A IMPORTÂNCIA DE SITUAR A ALFABETIZAÇÃO CARTOGRÁFICA NO CONTEXTO DA ALFABETIZAÇÃO ESPACIAL**

Ronaldo Goulart Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120129>

### **CAPÍTULO 10..... 121**

#### **MATERIAL DE APOIO PARA ABORDAGEM DAS TRÊS LEIS DE KEPLER NO ENSINO MÉDIO**

Gabriel Luiz Nalon Macedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201210>

### **CAPÍTULO 11..... 130**

#### **IMPACTO DO USO DA DINÂMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL NO PROCESSO**

## ENSINO-APRENDIZAGEM APLICADO À FENÔMENOS DE TRANSPORTE

Vitor Pancieri Pinheiro  
Carlos Friedrich Loeffler Neto  
Natan Sian das Neves  
Roger da Silva Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201211>

### **CAPÍTULO 12..... 139**

#### METODOLOGÍA SUPERFICIE DE RESPUESTA: TRES APLICACIONES A CONJUNTOS DE DATOS REALES

René Castro Montoya  
José Vidal Jiménez Ramírez  
Mario Castro Flores  
Ana Gabriela Osuna Páez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201212>

### **CAPÍTULO 13..... 154**

#### PERCEÇÃO DO TURISTA SOBRE HOSPITALIDADE: UM ESTUDO NA ROTA ECOLÓGICA ALAGOANA


Gildo Rafael de Almeida Santanata  
Marielle Cristina Silva Mendonça  
Ademar da Silva Paulino  
Uilliane Faustino de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201213>

### **CAPÍTULO 14..... 163**

#### REAÇÕES DE CETONAS E POLIÁLCOOIS PARTE 1:AUTO-ALDOLIZAÇÃO E CETALIZAÇÃO PROMOVIDAS PELO CATALIZADOR HIDROFÍLICO E AMORFO $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ , SOB IRRADIAÇÃO DE MICRO-ONDAS


Sandro Luiz Barbosa dos Santos  
Stanlei Ivair Klein  
Myrlene de Oliveira Ottone  
Milton de Souza Freitas  
Maria Luiza Pereira e Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201214>

### **CAPÍTULO 15..... 172**

#### SIMULAÇÃO DE COMPLEXOS FE(III) E CR(III) POR SIDERÓFOROS

Leonardo Konopaski Andreani  
Sérgio Ricardo de Lázaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201215>


### **CAPÍTULO 16..... 181**

#### PERCEPCIÓN DE LOS SINALOENSES EN LAS ELECCIONES DEL ESTADO DE SINALOA PARA GOBENADOR, DIPUTADOS FEDERALES Y PRESIDENTES MUNICIPALES EN 2015

René Castro Montoya

José Vidal Jiménez Ramírez


Mario Castro Flores

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201216>

**CAPÍTULO 17..... 190**

TEAM BASED LEARNING: UMA ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO COLABORATIVA

Telma Vinhas Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201217>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 206**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 207**

# CAPÍTULO 7

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO E OS COEFICIENTES DE CULTURA DO CAUPI NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL

*Data de aceite: 01/11/2021*

*Data de submissão: 08/11/2021*

### **Vivian Dielly da Silva Farias**

Professora e Doutora na Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Altamira - Pará  
<http://lattes.cnpq.br/0775979770122595>

### **Marcos José Alves de Lima**

Professor e Doutor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Capitão poço – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/2153350543038691>

### **Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes**

Professor e Doutor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/5534561793631040>

### **Deborah Luciany Pires Costa**

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/3247530199587148>

### **Denis de Pinho Sousa**

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/1268581733812720>

### **Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza**

Professor e Doutor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9862359824047261>

### **Vandeilson Belfort Moura**

Mestre em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/2206825575732127>

### **Sandra Andréa Santos da Silva**

Professora e Doutora na Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Altamira – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/5742329435239170>

### **José Farias Costa**

Mestre em Biodiversidade e Conservação na Amazônia pela Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Altamira – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/5597159666625051>

### **Maysa Lorrane Medeiros de Araújo**

Mestranda no Programa de pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Amazônia (UFRA)  
Altamira – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/4206967958961138>

### **Dayse Drielly Souza Santana Vieira**

Professora e Doutora na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)  
Juruti – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/2057759102444626>

**RESUMO:** O feijão caupi possui grande importância sócioeconômica para o estado do Pará, porém a região necessita de informações seguras quanto demanda hídrica, para promover um manejo adequado de irrigação no período considerado mais seco do ano. Assim, o objetivo

da pesquisa foi determinar a demanda hídrica, coeficiente da cultura ( $K_c$ ) nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijão caupi em Castanhal-Pará. Com a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) obtida por meio de lisímetros de drenagem, e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foram obtidos os coeficientes de cultura ( $K_c$ ), utilizados, para ajustar modelos em função dos graus dias acumulados ( $GD$ ) e índice de área foliar ( $IAF$ ). Os valores de  $ET_c$  atingiram um total acumulado durante o ciclo do feijão caupi de  $267,73 \text{ mm} \pm 10,21 \text{ mm}$ . O  $K_c$  do feijão caupi apresentou valor médio de 0,8, 1,4 e 0,8 na fase vegetativa, fase reprodutiva e maturação fisiológica, respectivamente. O modelo Gaussiano apresentou ótimo ajuste para a estimativa dos valores  $K_c$  em função dos graus-dia acumulados e do  $IAF$ . Tais valores se diferenciam de alguns encontrados na literatura, o que reforça a necessidade da avaliação do coeficiente de cultura em condições locais e por métodos mais precisos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Vigna unguiculata* L. Walp. Penman-monteith. Lisímetros. Demanda Hídrica

## EVAPOTRANSPIRATION AND COEWAL CROP COEFFICIENTS IN NORTHEASTERN PARAENSE, BRAZIL

**ABSTRACT:** Cowpea has great socioeconomic importance in the Pará state. However, in order to provide suitable irrigation management during the dry period this region requires solid information regarding water demand by regional crops. This research aims to determine the water demand and the crop coefficient ( $K_c$ ) during the different development stages of cowpea in Castanhal-Pará. The crop evapotranspiration ( $ET_c$ ) was measured by drainage lysimeters. This information was coupled to the reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) to obtain the crop coefficients, which were used to adjust the model function of accumulated degree-days and the leaf area index (LAI). The  $ET_c$  values reached a cumulative total of  $267.73 \text{ mm} \pm 10.21 \text{ mm}$  during the cowpea cycle. The average value of the uncoupling factor was 0.66. This indicates that the cowpea crop does not fully uncouple from the atmosphere underneath the climatic conditions in northeast Pará. The cowpea  $K_c$  values presented averages of 0.8, 1.4 and 0.8 in the vegetative phase, reproductive phase and final stage, respectively. The Gaussian model showed an excellent fit for the estimation of  $K_c$  values based on accumulated degree days and the LAI. These amounts differ from others found in the literature. Therefore, it reinforces the necessity for an assessment of crop coefficients under local conditions and for the employment of more precise methods.

**KEYWORDS:** *Vigna unguiculata* L. Walp. Penman-monteith. Lysimeters. water demand

## 1 | INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do feijão caupi é uma importante fonte de emprego e renda na região do nordeste paraense, porém, dados mais atuais da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2015) mostram que no período de 2012 o rendimento do Estado oscila de 850 a 650  $\text{kg ha}^{-1}$  e vem caindo desde 2003, essa condição pode estar relacionada tanto às condições de natureza técnica como climáticas. Considerando que a maior parte do Estado do Pará apresenta duas estações climáticas bem definidas (LOPES et al., 2013) o plantio dessa cultura se restringe ao primeiro semestre do ano, durante o

período chuvoso.

A produtividade do feijão caupi, na região, poderia ser maior com a adoção da irrigação para suprir a necessidade hídrica de forma total ou parcial, no período considerado menos chuvoso do ano, permitindo assim, a ampliação do período de cultivo e o aumento do número de safras. Contudo, o estado do Pará possui cerca de 29.333 ha de área irrigada, sendo que em 41% desta área são utilizados métodos de irrigação não tradicionais (SOUZA et al., 2012). Isso reforça a necessidade de informações referentes a evapotranspiração para o estado do Pará, para subsidiar o adequado manejo de água e ainda para aplicação em modelos de previsão de crescimento e produção dessa cultura na região.

A evapotranspiração pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, dentre os métodos diretos a lisimetria é o método mais antigo, (MARQUES et al., 2015), e pode potencialmente fornecer estimativas confiáveis, permitindo a contabilização dos termos do balanço hídrico de forma precisa. Os lisímetros podem ser divididos por duas categorias: de pesagem e de drenagem. Dentre os métodos indiretos, estimativa da transpiração a partir de observações meteorológicas, a equação de Penman-Monteith é frequentemente utilizada.

O Coeficiente da Cultura ( $K_c$ ) permite a estimativa das necessidades hídricas de uma cultura, sendo fundamental para o manejo da irrigação. Valores experimentais de  $K_c$  para o feijão caupi são encontrados na literatura para o nordeste paraense (AGUIAR et al., 1992), no entanto, os autores basearam-se na variação do teor de umidade do solo para estimar o consumo de água e obteve os dados de  $ET_o$  a partir de dados de tanque classe A. Portanto este estudo teve como objetivo determinar a demanda hídrica, coeficiente da cultura ( $K_c$ ) e fator de desacoplamento nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijão caupi em Castanhal, Pará.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Castanhal-PA, ( $1^{\circ}19'24.48''S$ ;  $47^{\circ}57'38.20''W$ ). O clima da região segundo a classificação de Koppen é Af, com temperatura média anual de  $26^{\circ}C$ : máximas e mínimas de  $35$  e  $22^{\circ}C$  e umidade relativa máxima de 95% e mínima de 79%. Precipitação média anual em torno de 2.571,6 mm, entretanto, durante os meses de janeiro, fevereiro e março concentra-se cerca de 35% dessa chuva, ou seja, esse trimestre é caracterizado como chuvoso. E o trimestre menos chuvoso compreende os meses de julho, agosto e setembro com 16% do total pluviométrico e o mês menos chuvoso é o de setembro, o qual apresenta apenas 4% de toda precipitação.

A execução se deu em 2013, 2014 e 2015 durante os meses de setembro e novembro em uma área de 3.168 m<sup>2</sup>. A análise física do solo foi realizada no laboratório de solos da EMBRAPA Amazônia Oriental. Os resultados indicaram uma textura arenosa, na qual 56% é areia, 16% é areia mais espessa, 12% é silte e 16% é argila. Os dados de ponto

de murcha (WP) e capacidade de campo (FC) foram obtidos em laboratório. Eles foram determinados a partir de amostras de solo indeformadas usando uma câmara de pressão de Richard. Para 2013, 2014 e 2015, os valores de WP e FC foram 0,11, 0,10, 0,11 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e 0,20, 0,22, 0,21 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, respectivamente.

Manualmente, 13 a 15 sementes foram semeadas por metro corrido. Posteriormente, foram desbastados, totalizando 10 plantas por metro corrido com espaçamento de 50 cm entre linhas. As análises químicas do solo durante o primeiro ano de estudo indicaram: N 0,04%; P 1 mg.dm<sup>-3</sup>; K 12 mg.dm<sup>-3</sup>; Na 10 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca + 0,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca ++ Mg 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al 0,5 cmolc dm<sup>-3</sup>, e o pH (H<sub>2</sub>O) foi de 4,9 para o primeiro ano do experimento. Durante o segundo ano da experiência, as análises indicaram: N 0,06%.

Dois Estações meteorológicas foram instaladas na área experimental para medir as variáveis meteorológicas necessárias as quais foram equipadas com sensores de temperatura e umidade do ar, precipitação, radiação solar, velocidade do vento e umidade do solo. Todos os sensores foram conectados a um *datalogger* CR10X (Campbell Scientific, Inc.) e a um multiplexador AM416 (Campbell Scientific, Inc.). Ambos programados para efetuar a leitura dos sensores a cada 10 segundos, com gravação das médias e dos totais a cada 10 minutos. Semanalmente os dados foram coletados através do software PC208.

O desenvolvimento fenológico foi avaliado diariamente usando a escala proposta por Gepts e Fernández (1982). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Cada repetição consistiu de linhas de 1 metro de comprimento, contendo em média 10 plantas, as quais foram monitoradas a partir da emergência. Definiu-se como o início de um determinado estágio fenológico, o instante em que 50% + 1 das plantas da linha atingiram o estágio em questão. Assim, a frequência de ocorrência das fases era o principal critério para determinar a evolução fonológica (GUIUNTA et al., 2009)

A altura da planta foi avaliada diariamente assim como o desenvolvimento fenológico, em um experimento inteiramente casualizado, com oito repetições de um metro linear de plantas. A análise da área foliar se deu pela amostragem aleatória de plantas nas linhas do plantio onde os lisímetros foram instalados. Para isso, um conjunto de plantas foi coletado semanalmente em um metro linear contendo dez plantas. A área foliar foi obtida através do método dos discos (BENINCASA, 2003).

Os valores diários de Evapotranspiração de Referencia (ET<sub>o</sub>) foram calculados pelo método de Penman-Montheith FAO 56 (ALLEN et al., 1998) (Equação 1) com dados obtidos na Estação Meteorológica automática do INMET em Castanhal, localizada a aproximadamente 3 Km da área experimental.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{ar} + 273} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot U_2)}$$

Em que:



ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm.d<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> a radiação líquida (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>); G – fluxo de calor no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>); T<sub>ar</sub> a temperatura média do ar (°C); U<sub>2</sub> a velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>); (e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>) déficit de pressão de vapor (kPa);  $\Delta = \frac{4098.e}{(T+237,3)^2}$  a declividade da curva de pressão de vapor vs. temperatura (kPa.°C<sup>-1</sup>); sendo  $\gamma = \frac{C_p \times P}{0,622 \times \lambda}$  o coeficiente psicrométrico (kPa °C<sup>-1</sup>); a constante 0,408 corresponde a 1/ λ, em que λ é o calor latente de evaporação da água (2,45MJ.kg<sup>-1</sup>); e a constante 900, a um fator de conversão referente a escala diária de dados.

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi monitorada diariamente, pelo método direto, utilizando-se quatro lisímetros de drenagem idênticos instalados na área experimental, com capacidade volumétrica de 500 L, construídos a partir de caixas de água de plástico, em formato cônico, e com as seguintes medidas: diâmetros superior e inferior de 1,20 m e 0,98 m, respectivamente, e profundidade de 0,60 m, semelhante aos trabalhos de Santos et al., 2009 e Marques et al., 2015.

O sistema de drenagem dos lisímetros foi do tipo gravitacional, com um dreno em PVC, de 25 mm de diâmetro, conectado a um poço de observação e coleta do volume drenado, com 1,5 m de profundidade semelhante a metodologia proposta por Marques et al., 2015. Seguindo a metodologia de Oliveira et al., 2007, a ordem do sistema de drenagem livre no fundo do tanque foi a seguinte: 5 cm de brita tipo cascalhinho, a tubulação em PVC de 25 mm de diâmetro, em forma de retângulo e perfurada na parte superior e lateral com orifícios espaçados de 5 cm, outra camada de brita de 15 cm e manta geotêxtil de poliéster para evitar possíveis entupimentos dos orifícios de drenagem. A água drenada foi coletada no poço de observação do lisímetro de drenagem sendo o volume drenado quantificado com provetas graduadas em mm.

Estimou-se a ET<sub>c</sub> nos lisímetros utilizando-se o balanço hídrico aplicado a um volume de controle de solo conforme a Equação 24 (SANTOS et al., 2009).

$$ET_c = P + I - D$$

Em que:

P a precipitação; I é a irrigação; D é a drenagem; ET<sub>c</sub> evapotranspiração da cultura. Para o caso em questão, os termos ascensão capilares e o escoamento superficial foram desprezados.

Os valores de coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) foram determinados pela equação (DOORENBOS; PRUITT, 1977):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

em que, o K<sub>c</sub> é o coeficiente da cultura, a ET<sub>c</sub> é a evapotranspiração da cultura

(mm.d<sup>-1</sup>) e ETo a evapotranspiração de referência (mm.d<sup>-1</sup>). O método de irrigação utilizado foi localizado por gotejamento, com vazão média, medida no campo, de 0,605 L/h<sup>-1</sup> por gotejador, para uma pressão de 3 mca. Após a instalação do sistema de irrigação,

A umidade do solo foi monitorada pelo TDR (Time Domain Reflectometry) em 30 cm de profundidade. Inicialmente foi realizado um processo de calibração da TDR que consistiu na obtenção de leituras diárias da constante dielétrica aparente do solo ( $k_a$ ) e da umidade volumétrica ( $\theta$ ) correspondente, possibilitando obter, equações de regressão lineares.

A irrigação foi em escala diária, cuja lâmina de irrigação para a reposição do conteúdo de água no solo, era aplicada até a capacidade de campo ( $CC$ ) para cada lisímetro e sua bordadura, ou seja, até os quatro lisímetros começassem a drenar. A lâmina de irrigação foi calculada em função dos dados de tempo, vazão e área do lisímetro. A reposição da água era realizada de modo a proporcionar uma lâmina de drenagem correspondente a cerca de 10-15% da lâmina d'água aplicada, conforme Pereira et al., 2013 e Marques et al., 2015.

A análise de variância foi aplicada nos dados de ETo dos quatro lisímetros e nos dados ETo entre os ciclos. As variáveis  $K_c$  e IAF foram submetidas à análise de variância em ajustes descritos por funções Gaussianas (SOUZA et al., 2015), segundo suas significâncias pelo Teste F, utilizando-se o software Origin Pro 8.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os anos do estudo, a temperatura média do ar manteve-se próxima a média climática da região para esse período (28 °C) ao longo do ciclo da cultura. No ano de 2015, no entanto, houve menor amplitude térmica e conseqüentemente menor velocidade do vento devido à presença do fenômeno El Niño (GRIMM, 2015) que também ocasionou a redução na quantidade de chuvas durante o experimento.

Em anos El Niño, as chuvas na região Amazônica tendem a ser menor que em um ano normal (SOUZA et al., 2015), tendo como consequência o aumento natural na temperatura do ar, fato este que proporciona um aumento na demanda evaporativa da atmosfera, em função do aumento da radiação solar global ocasionado pela diminuição da nebulosidade e da redução na umidade relativa do ar, refletindo em aumento da ETo. Esta característica foi observada durante o experimento de 2015, quando os valores de ETo e de ETo foram mais elevados comparado aos experimentos de 2013 e 2014.

O total de chuvas observado durante o experimento de 2013 foi 207,51 mm, enquanto que em 2014 e 2015 ocorreram 160,00 mm e 30,73 mm de chuva, respectivamente. A redução das chuvas no ano de 2015 correspondeu a um valor de aproximadamente 80% da média histórica (153,65 mm). Apesar desta diferença no regime de chuvas entre os experimentos, a oferta de água pelo sistema de irrigação somado aos eventos de chuva durante o período experimental, fez com que a cultura fosse submetida às condições

elevadas de umidade do solo (Figura 1), de modo a possibilitar uma condição potencial de perda de água via evapotranspiração. Nos dias em que não ocorreram precipitações utilizou-se irrigação por gotejamento aplicada no final do dia, cuja lâmina total correspondeu a 285,58; 268,39 e 311,68 mm nos anos de 2013, 2014 e 2015, respectivamente (Figura 1).

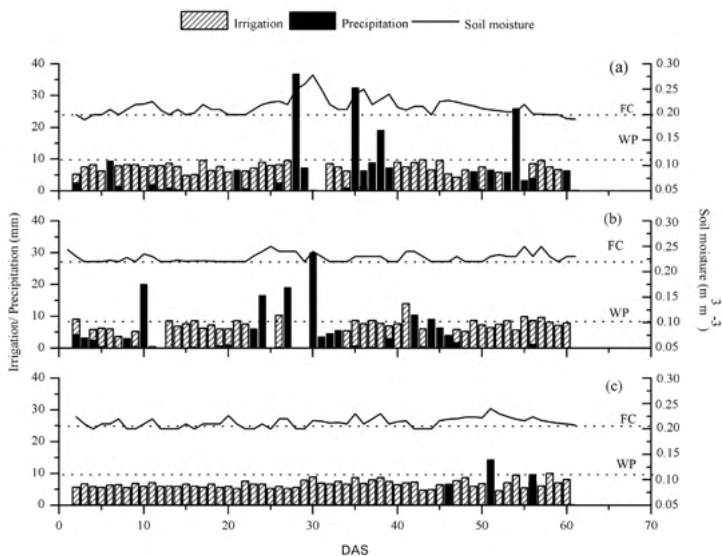


Figura 1. Irrigação (mm), precipitação (mm), umidade do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PM) ao longo do ciclo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) nos anos de 2013, 2014 e 2015, sob as condições climáticas do município de Castanhal-Pa.

A produtividade do feijão caupi foi 2.657,98 Kg/ha no ano de 2013, 2.657,98 Kg/ha em 2014 e 2.219,35 Kg/ha em 2015. O consumo hídrico total do feijão caupi durante o ciclo foi 246,98 mm em 2013, 248,89 mm em 2014 e 306,98 mm em 2015, houve diferença significativa somente no terceiro ano. Em média o consumo hídrico foi  $267,73 \text{ mm} \pm 10,21 \text{ mm}$ , e a evapotranspiração média diária foi  $3,7 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . O valor médio difere dos obtidos por Aguiar et al. (1992) que verificaram a quantidade de 305,7 mm ou  $4,4 \text{ mm dia}^{-1}$  para cultivar Manteguiinha no nordeste paraense, porém, esses valores estão próximos da ETc do terceiro ano.

A lâmina total de água aplicada nos três anos de experimento durante os dias de estudo, através da irrigação e da chuva, atingiu em média  $407,94 \text{ mm} \pm 20,13 \text{ mm}$ . Comparando esse valor com a evapotranspiração acumulada no mesmo período, constata-se que a cultura não sofreu restrição de água, tendo recebido uma lâmina extra de água drenada de  $140,21 \text{ mm} \pm 5,10 \text{ mm}$ , em todo período estudado. A textura arenosa do solo favoreceu a ocorrência das perdas de água por drenagem.

Embora o experimento tenha sido realizado no período menos chuvoso a fim de se ter um maior controle da entrada de água, período este que é distinto da época comumente

adotada na região que é junho, o padrão de chuva local é sem dúvidas o principal fator para a baixa produção observada, a julgar pela variabilidade das chuvas observada entres os 3 anos.

No estágio inicial de desenvolvimento quando o índice de área foliar (IAF) ainda é baixo, em torno de  $0,5 \pm 0,05$ , a perda de água ocorreu, principalmente, devido à evaporação da água na superfície do solo que se encontrava descoberto pela vegetação. Como esperado neste período, a  $ET_c$  permaneceu relativamente menor que a  $ET_o$  até aproximadamente 25 dias após a semeadura (DAS) em todos os anos de experimento. A maioria dos picos observados na  $ET_c$  correspondem a evaporação (Figura 2) em razão de eventos de precipitação, ocorridos no dia anterior, que umedeceu a superfície do solo.

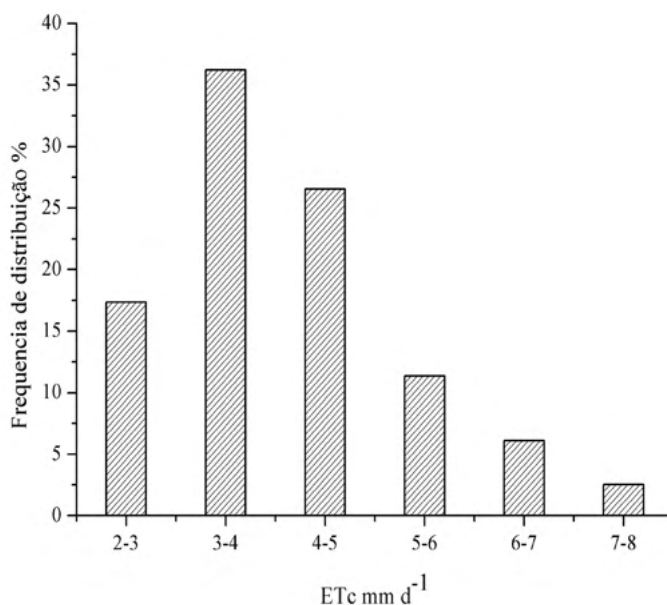


Figura 2. Frequencia de distribuição (%) da evapotranspiração do feijão caupi, em Castanhal , PA, nos três anos de experimento.

Entre aproximadamente 25 e 50 DAS um padrão diferente entre  $ET_c$  e  $ET_o$ , coincidindo com as fases de crescimento (V4), florescimento (R5) e enchimento de grãos (R8), atingindo valores máximos em torno de  $6 \text{ mm dia}^{-1}$ . Isso ocorreu devido ao aumento da transpiração proporcionado pelo crescimento do IAF, devido ao incremento na fração de cobertura do solo, e conseqüente diminuição da evaporação do solo em decorrência da redução da sua área exposta. Durante este período, considerado o de maior demanda hídrica, é necessário um controle rigoroso da oferta de água, seja por aproveitamento da chuva ou pelo sistema de irrigação para a otimização do desenvolvimento da cultura do feijão caupi de forma satisfatória.

O máximo IAF encontrado foi em média de  $3,5 \pm 0,08$  atingido a aproximadamente 40 DAS, permanecendo próximo deste valor durante grande parte do subperíodo reprodutivo (Figura 2). O máximo consumo de água acompanhou a tendência do aumento no IAF, estando estes resultados de acordo com os resultados do trabalho realizado com feijão caupi por Bastos et al., 2008).

Após os 50 DAS, a ETC diminuiu devido à senescência de parte das folhas da cultura. A demanda atmosférica, representada pela ETO, no entanto, permaneceu elevada permitindo um consumo hídrico médio de  $4,52 \text{ mm d}^{-1}$ .

Considerando-se os estádios fenológicos do caupi, observa-se que o período reprodutivo (floração e enchimento de grãos) é a fase de maior demanda de água, consumindo em média  $4,55 \text{ mm d}^{-1}$  semelhante aos resultados obtidos por Lima et al., 2011 para essa fase ( $4,47 \text{ mm d}^{-1}$ ). A falta de água próximo ao florescimento pode reduzir o crescimento vegetativo, limitando a produção, podendo levar a drásticas reduções na produtividade de grãos (ENDRES et al., 2010).

Apesar dos três anos experimentais terem sido submetidos a irrigação, a qual manteve a umidade no solo sempre próxima da CC (Figura 1), nos anos de 2013 e 2014 quando houve maior ocorrência de eventos de chuva, o molhamento do solo foi muito mais uniforme do que com o sistema de irrigação por gotejamento, motivo pelo qual se nota um maior acoplamento e maior dependência do controle estomático na fase inicial do ciclo no experimento de 2015.

Os valores de Kc obtidos para o feijão caupi são apresentados na Figura 3. O Kc apresentou elevada correlação ( $R^2 > 0,8$ ) com a variável graus-dia acumulado e com o IAF, resultando em ajustes descritos por funções gaussianas semelhante ao encontrado por Souza et al. (2015). A forma da curva de Kc representa as mudanças na vegetação e na cobertura do solo durante o crescimento e maturação do feijão caupi, que afetam a relação entre ETC e ETO. Os parâmetros das funções Gaussianas que promovem uma assimetria na curva para a direita (Figuras 3a, 3b, 3c) são respectivamente 719,9; 698,04 e 739,9, ou seja, esses parâmetros indicam a partir de qual GDA o Kc começa a reduzir, portanto, se o feijão caupi alcançar os graus dias em um período mais curto a tendência é a curva se tornar mais sinuosa e o Kc decrescer mais rapidamente.

Os coeficientes de cultura apresentados, para as fases fenológicas ou para o ciclo da cultura, em relação ao número de dias após o plantio, podem levar à estimativa equivocada de demanda de água em regiões diferentes, devido à variação no ciclo de desenvolvimento imposta pelos fatores climáticos, principalmente, a temperatura.

Constatou-se haver uma estreita relação entre o Kc com o IAF em todos os 3 experimentos, havendo, porém, melhor explicação ao se analisar as equações relacionadas aos graus-dias acumulados, a julgar pelos maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ). De forma geral, os coeficientes de determinação do IAF também foram considerados bons, demonstrando que ambas as funções podem ser utilizadas na estimativa regional do Kc.

Fase	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Kc	0,71	0,76	0,78	0,86	0,88	1,09	1,4	1,22	1,12	0,8

Tabela 1. Valores de coeficiente da cultura (Kc) do feijão caupi nas diferentes fases fenológicas.

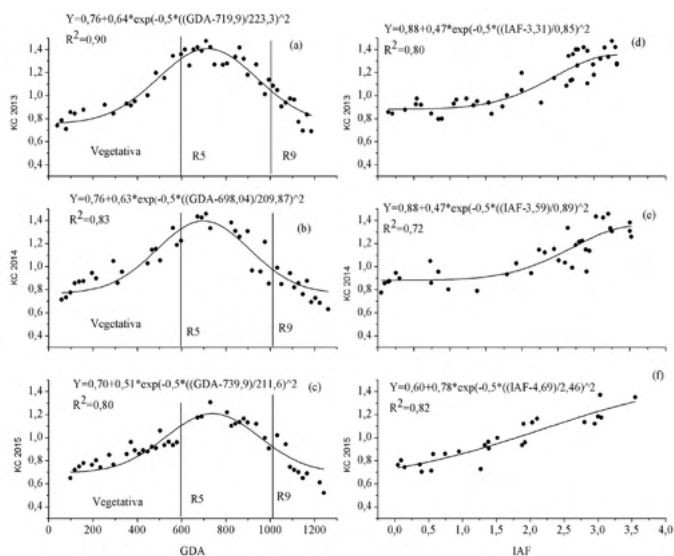


Figura 3. Relação entre o coeficiente da cultura (Kc) com os graus dias acumulados (GDA) e o índice de área foliar (IAF) representadas por funções Gaussianas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), sob as condições climáticas de Castanhal-Pa. Linhas verticais indicam a ocorrência das fases fenológicas.

Na fase inicial, considerada desde a emergência até os 15 DAS (V4), o Kc apresentou para os três anos valor médio de 0,8 sendo diretamente influenciado pela evaporação do solo (irrigações frequentes) devido aos baixos valores de IAF (Figura 2)

O Kc alcançou o valor máximo de  $1,4 \pm 0,09$  em torno de 40 DAS, correspondendo ao estágio R7 (vagem canivete), não havendo, porém, uma estabilização no consumo hídrico como proposto por Allen et al., 1998 para a cultura do feijoeiro comum. Tal fato se deve ao hábito de crescimento indeterminado do feijão caupi que continua a emitir novas folhas, mesmo após o florescimento, detalhe também observado por Souza et al., 2005.

O Kc obtido para o estágio reprodutivo foi superior àqueles relatados por Aguiar et al., 1992 para o nordeste paraense devido aos distintos métodos adotados como à cultivar utilizada, uma vez que a ETc pode ser influenciada pelas características dos estômatos, anatomia da folha, propriedades aerodinâmicas e albedo (ALLEN et al., 1998).

No estágio final, após os 50 DAS, nota-se uma queda acentuada nos valores de Kc provocada pela senescência de parte das folhas da planta, conforme constatado na variação do IAF (Figura 3a, 3b, 3c), apresentando em média um valor de 0,8 na maturação fisiológica (R9).

O  $K_c$  diminui sob altos valores de  $ETo$  (Figura 4), mesmo sob elevada umidade do solo. Além disso, resultados de Flumignan et al., (2011) e Marin et al., (2016) demonstram a forte dependência do  $K_c$  e  $K_{cb}$  à elevada demanda atmosférica representada pelos valores de  $ETo$ , indicando haver um maior controle da transpiração pela planta através do fechamento estomático sob as tais condições, o que pode também ser um dos motivos da diferença encontrada em relação aos demais trabalhos.

Por conseguinte, foi observado em uma relação linear entre o  $ET_c$  e  $ETo$ , que valores de  $ET_c$  substituíam valores de  $ETo$  acima de  $5 \text{ mm dia}^{-1}$ , indicando um aumento das resistências internas ao transporte de água das plantas quando submetidos a condições de alta demanda atmosférica. Os resultados de Nassif et al., 2014 mostraram a resposta de condutância ( $g_s$ ) para temperatura do ar, radiação solar e DPV, em que  $g_s$  diminuiu com o aumento de  $ETo$ .

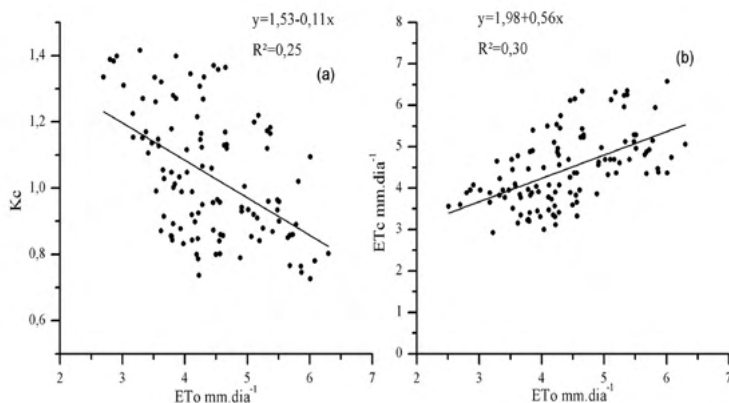


Figura 4. Relação entre coeficiente da cultura ( $K_c$ ) e evapotranspiração de referência ( $ETo$ ) (a) e relação entre evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e  $ETo$  (b).

Em condições de alta energia disponível, velocidade do vento e DPV, que são normalmente encontradas quando  $ETo$  ultrapassa  $4,0 \text{ mm dia}^{-1}$ , pode-se esperar que algumas espécies com alta resistência estomática não respondam diretamente à demanda de água na atmosfera. Contudo, pode ser observado que a diminuição na taxa de transpiração sob elevadas demandas atmosféricas foi compensada. Esta compensação baseou-se no fato da evapotranspiração da cultura se tornar menos dependente das condições atmosféricas e o saldo de radiação se tornar o principal contribuinte para esse processo.

Ressalta-se que a metodologia empregada para a determinação dos valores da  $ET_c$  e  $ETo$  foi diferente das utilizadas em alguns dos trabalhos citados, fato que comprova a importância da obtenção de valores precisos e regionalizados de  $ET_c$  e de  $K_c$  para uma real eficácia no manejo da irrigação local.

## 4 | CONCLUSÃO

O consumo hídrico total do feijão caupi foi em média 267,73 mm  $\pm$ 10,21 ou 3,7 mm $\pm$ 0,2 mm dia<sup>-1</sup>. O Kc do feijão caupi apresentou valor médio de 0,8 na fase vegetativa, atingido um máximo de 1,4 durante a fase reprodutiva, chegando ao estágio de maturação fisiológica com valor médio de 0,8. O modelo Gaussiano apresentou ótimo ajuste para a estimativa dos valores de coeficiente de cultura do feijão caupi em função dos graus-dia acumulados e do IAF.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J.V.; LEÃO M.C.S.; SAUNDERS L.C.U. **Determinação do consumo de água pelo caupi** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) **irrigado em Bragança – Pará**. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.23, n. 2, p. 33-37, 1992.
- ALLEN, R.G.; Pereira L.S.; RAES, D.; SMIT, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. 56. ed. New York: Rome: FAO, 1998. 299 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56.)
- BASTOS, E.A.; FERREIRA V.M.; SILVA, C.R.; ANDRADE JUNIOR, A.S. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão caupi no Vale do Guruguéia, Piauí**. *Irriga*, Botucatu, v.13, n. 2, p.182-190, 2008.
- BENINCASA, M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep. 2003.41p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 24 ed. New York: Rome:FAO, 1977. 194p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- ENDRES, L.; SOUZA, J. L.; TEODORO, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITO, J. E. D. **Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.11- 16, 2010.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS **Parecer técnico nº 300**. Seropédica: Agrobiologia, 2015, 192 p. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139853/1/DOCUMENTOS-300-revisado-2.pdf> Acesso em: 06 de nov. de 2021.
- FLUMIGNAN, D.L. et al. **Evapotranspiration components and dual crop coefficients of coffee trees during crop production**. *Agricultural Water Management*, v.98, p.791-800, 2011.
- GEPTS, P.; FERNÁNDEZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común** (*Phaseolus vulgaris* L.). Colômbia: CIAT. 1982.10 p.
- GUIUNTA, P., PRUNEDDU, G. MOTZO. R. **“Radiation interception and biomass and nitrogen accumulation in different cereal and grain legume species.”** *Field Crops Research*, p. 76-84. 2009.
- GRIM, A.M. **El Niño, novamente!**. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v.30, n.4, p. 351-357, 2015.



LIMA, J.R.S.; ANTONIO A.C.D.; LIRA C.A.B.O.; SOUZA E.S.; SILVA I.F. **Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n.1, p. 65-74. 2011.

LOPES, G. S.; LEMOS R.N.S.; ARAUJO J.R.G.; MARQUES L.J.P.; VIEIRA D.L. **Preferência para oviposição e ciclo de vida de mosca-negra-dos citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby em espécies frutíferas**. Revista Brasileira de fruticultura, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 738-745, 2013.

MARIN, F. R. ANGELOCCI, L. R.; NASSIF, D.S.P.; COSTA, L.G.; VIANNA, M.S. CARVALHO, K. S. **Crop coefficient changes with reference evapotranspiration for highly canopy-atmosphere coupled crops**. Agricultural Water Management, v. 163, p. 139-145, 2016.

MARQUES, P.A.A. JOSÉ J.V.; ROCHA H.S.; FRAGA JUNIOR E.F.F.; SOARES D.A.; DURTE S.N. **Consumo hídrico do manjeriço por meio de lisímetro de drenagem**. Irriga, Botucatu, v.20, n. 4, p.745-761. 2015.

NASSIF, D.S.P.; MARIN, F.R.; COSTA, L.G. **Evapotranspiration and Transpiration Coupling to the Atmosphere of Sugarcane in Southern Brazil: Scaling Up from Leaf to Field Sugar tech**, v.16, n.3, p. 250-254, 2014.

OLIVEIRA, L.M.M. **Avaliação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na bacia experimental do riacho Gameleira – PE, utilizando lisímetro de pesagem hidráulica e métodos indiretos**. Recife – PE, 111p. Dissertação de (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 2013.31 p.

SANTOS, F.; MONTENEGRO, A. A. R.; SILVA, R.S. EDIVAR, R.S. **Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 4, n.3, p. 304-310. 2009.

SOUSA, A.M.L. ROCHA E.J.P.; VITORINO, M.I.; SOUZA P.J.O.P.; BOTELHO M. N. **Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos Enos**. Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco, v. 8, n. 1, p. 13-24. 2015.

SOUZA, L.S.B.; MOURA M.S.B.; SEDIYAMA G.C.; SILVA T.G.F. **Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na caatinga em condições de seca intensa**. Pesquisa agropecuária Brasileira, v.50, n.8, p.627-636, 2015.

SOUZA, L.S.B.; MOURA M.S.B.; SEDIYAMA G.C.; SILVA T.G.F. **Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão caupi em sistemas exclusivo e consorciado**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151 – 160, 2015.

SOUZA, R.O.R.M.; PANTOJA, A.V.; AMARAL, M.A.C.M.; NETO, J.A.P. **Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará**. Irriga, v.17, n.3, p.177-188. 2012.

SOUZA, M.S.M.; BEZERRA, F.M.L.; TEÓFILO, E.M. **Coefficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará**. Irriga, Botucatu v. 10, n.3, p. 241-248. 2005.

## ÍNDICE REMISSIVO

### SÍMBOLOS

1-3 dioxolanas 163

#### A

Agricultura 12, 48, 66, 93, 108, 122, 149, 172

Alfabetização espacial 5, 110, 111, 115, 117, 118

Alfabetização geográfica 110, 112, 114, 115, 118

Amazônia 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 81, 83, 93

Aprendizagem baseada em problemas; 15

Aromas; 15, 16

Auto-aldolização 6, 163

Avaliação 7, 19, 29, 38, 82, 93, 109, 111, 156, 157, 159, 160, 190, 191, 194, 195, 198, 200, 201, 202, 204, 206

#### B

B3LYP 172, 174

#### C

Cetalização 6, 163, 166, 167

Cetonas protonadas 163

Cromo (III) 172

#### D

Década do oceano 42, 48

Demanda hídrica 82

DFT 172, 173

Diagnóstico energético 94, 96, 97, 98

Dinâmica de fluidos computacional 5, 130

Diseño y análisis de experimentos 139

#### E

Electron-positron pair 4, 1, 2, 5, 7

Ensino de Física 8, 121, 128, 129, 203

Ensino de química 15, 16, 23, 24, 25

Ensino e aprendizagem 130, 191

Estratificado 181, 184, 185, 187, 189

## **F**

Fenômenos de transporte 6, 130, 131, 138

Ferro (III) 172

## **G**

Geoquímica 4, 9, 12, 13

## **H**

Hidrólise de cetais 163

História da física 121, 127

Hospitalidade 6, 154, 156, 160, 161

## **I**

Iluminação artificial 94, 96

## **J**

Johannes Kepler 121, 122, 124, 125, 128, 129

## **L**

LED 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109

Lisímetros 82, 83, 84, 85, 86, 93

## **M**

Malacocultura 42, 43, 45, 46, 47, 49

Meio ambiente 33, 34, 35, 36, 38, 51, 64, 69, 70, 71, 76, 78, 94, 95, 97, 101, 102, 106, 154, 161

Metodología 6, 139, 140, 141, 153, 189

Metodologia ativa 23, 25, 190, 193, 202

Modelos 32, 82, 83, 97, 132, 135, 138, 139, 141

Movimento planetário 121, 123, 124, 125, 126, 127, 129

Muestreo 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189

## **O**

Oceanografia 41, 42

## **P**

Pair production 1, 2, 3, 6, 7, 8

Pensamento espacial 110, 111, 112, 114, 115, 117, 118, 119

Piscicultura marinha 42, 44, 47, 49, 63

Planejamento 27, 31, 95, 155, 161, 162, 192, 201, 206

Población 181, 183, 184, 185, 186, 187, 189

Posicionamento estratégico 154, 157

Propostas de aulas 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128

## **Q**

Química computacional 172, 174

## **S**

Sideróforo 172, 173

Sílica sulfonada 163, 165

Superfície de resposta y pruebas de hipótesis 139

Sustentabilidade 10, 12, 13, 14, 27, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 47, 48, 102, 155, 157, 159, 160

## **T**

Tamaño de muestra 181, 183, 184, 185, 186, 189

Team based learning 7, 190, 192, 202

Terras pretas 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Triplet pair production 1, 3, 6, 7, 8

## **U**

Uso consciente 35

## **V**

Vigna unguiculata L 82, 87


## **W**


Walp. Penman-monteith 82


# Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2021

# Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora

Ano 2021