

Desempenho agrônomo da beterraba cultivada em diferentes cenários climáticos no Sul do Brasil

Guilherme Sebold*, Rosandro Boligon Minuzzi**

*Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. email: gui9007@outlook.com

**Professor Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

RESUMO

Este estudo propôs analisar o desempenho agrônomo da beterraba semeada em março e outubro no sul do Brasil, em diferentes cenários climáticos. Dados climáticos dos municípios de Bom Jesus, Maringá e Indaial localizados no sul do Brasil, foram utilizados no software Aquacrop 5.0 para determinar a duração do ciclo, produtividade e eficiência do uso da água nos valores do percentil 25% e 75% da distribuição do ensemble entre os modelos utilizados para gerar o cenário RCP4.5 e RCP8.5 em curto prazo (2016-2035) e médio prazo (2046-2055) do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC). No contexto geral houve redução no ciclo da cultura para os dois períodos de semeadura. O aumento na produtividade e a eficiência no uso da água tendem a ser maiores no percentil 25% do médio prazo (2046-2055) dos cenários RCP 4.5 e RCP8.5.

Palavras-chave: Aquacrop 5.0, produtividade, dióxido de carbono

ABSTRACT

This study proposed to analyze the agronomic performance of beet sown in March and October in southern Brazil, in different climatic scenarios. Climatic data from three municipalities, Bom Jesus, Maringá and Indaial located in southern Brazil, were used in Aquacrop 5.0 software to determine the duration of the cycle, productivity and water use efficiency in different climatic scenarios. These data were based on the 25th

percentile and 75% values of the ensemble distribution among the models used to generate the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenario in the short term (2016-2035) and medium term (2046-2055) of the Intergovernmental Panel on Change Climate (IPCC). In the general context there was a reduction in the crop cycle for the two sowing periods. The increase in productivity and water use efficiency tend to be higher in the 25% percentile in the medium term (2046-2055) of the RCP 4.5 and RCP8.5 scenarios.

Keywords: Aquacrop 5.0, yield, carbon dioxide

1. INTRODUÇÃO

A Beterraba (*Beta vulgaris*) é uma planta da família das Amaranthaceas que tem significativa importância na produção de hortaliças e no Brasil é cultivada, principalmente, com variedades de mesa para fins comerciais. Estima-se que a área plantada seja de 10.000 hectares e uma produção de 300 mil toneladas. Os cinco principais estados produtores totalizam mais de 75% da quantidade produzida do país. Esses Estados são: Paraná que concentra a maior produção (20,0%), São Paulo (17,0%), Minas Gerais (15,5%), Rio Grande do Sul (15,0%) e Bahia (8,0%) (TIVELLI, 2011).

Ao longo dos últimos anos, tem se discutido muito as mudanças do clima dentro da comunidade científica e o assunto tem gerado grande repercussão internacional. As alterações podem estar relacionadas à variação do clima global ou regional ao longo do tempo. Segundo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), a temperatura média mundial já sofreu um aumento de 0,6 ° C nos últimos cem anos. Se não forem tomadas medidas para diminuir a emissão de gases do efeito estufa, como gás carbônico, amônia e metano, até 2100 a temperatura poderá aumentar entre 1,4 e 5,8°C. Além disso existe a possibilidade desse aumento de temperatura ser acompanhado da elevação no nível dos mares e de maior frequência de eventos extremos como secas e inundações (RENATO, 2013).

Segundo Rodrigues et al. (2001) os efeitos combinados do aumento da temperatura e concentração de CO₂ no rendimento das culturas são significativos devido ao aquecimento global que vem atualmente ocorrendo e provavelmente aumentará no futuro, devido ao aumento nas emissões de CO₂ na atmosfera. Essas mudanças climáticas afetarão o crescimento e desenvolvimento das culturas, conforme o balanço de seus efeitos na fotossíntese, causando impacto no rendimento final.

Os cenários climáticos fazem uma representação futura do clima e se baseiam em tendências de demanda de energia, emissão de gases do efeito estufa, mudanças no uso do solo e tentativas de se aproximar das leis do comportamento climático sobre longos períodos de tempo que resultam de atividades antrópicas (HAMADA et al., 2008).

Estudos com diferentes simulações mostraram que, conforme o cenário de emissão de gases de efeito estufa do período analisado, o resultado dessas mudanças climáticas na produção agrícola pode variar de acordo com as práticas de manejo adotadas de região para região. Assim, é importante que se façam estudos localizados para auxiliar agricultores na tomada de decisões quanto às medidas de adaptação e mitigação, para que a produção agrícola seja afetada de forma positivas suprindo, assim, a demanda e evitando o aumento no preço dos alimentos, que está previsto para o futuro próximo (CALZADILLA et al., 2013).

Assim, diante do exposto, este estudo teve o objetivo de analisar o desempenho agrônomo da beterraba em diferentes períodos de semeadura e cenários climáticos para algumas localidades no sul do Brasil, através do software Aquacrop 5.0.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados climatológicos (1991 a 2015) de temperatura mínima e máxima do ar e da precipitação na escala decendial de estações meteorológicas localizadas em alguns municípios da região sul do Brasil, conforme especificados na Tabela 1.

Tabela1. Coordenadas geográficas e altitude das estações meteorológicas no sul do Brasil utilizadas no estudo.

Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Bom Jesus	28° 40' 09"	50° 26' 05	1046
Indaial	26° 53' 52"	49° 13' 54"	64
Maringá	23° 25' 31"	51° 56' 19"	515

Os parâmetros referentes ao desempenho agrônomo da cultura da beterraba considerados na análise foram: produtividade ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), duração do ciclo (dias) e a eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). As

simulações dessas variáveis foram realizadas utilizando-se o software AquaCrop 5.0 tendo como dados de entrada, os parâmetros climáticos (temperatura máxima e mínima do ar, precipitação e evapotranspiração de referência), características do solo e da cultura e informações sobre o manejo do solo.

A precipitação efetiva foi determinada pelo método do USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS) enquanto a evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada aplicando-se os dados de temperatura do ar na metodologia proposta Penman-Monteith (Padrão FAO-1998).

As simulações feitas no programa levaram em consideração as projeções climáticas feitas pelo IPCC (sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) baseadas nos valores do percentil 25% e 75% da distribuição do ‘ensemble’ entre os modelos utilizados para gerar os cenários RCP4.5 e RCP8.5 a curto prazo (2016-2035) representado pelo ano 2025, e a médio prazo (2046-2065) representado pelo ano 2055, além do clima atual (1991-2015) utilizado como referência. Os desvios de temperatura do ar e precipitação são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3, baseados nos valores do percentil 25% e 75% do cenário RCP4.5 e RCP8.5.

Tabela 2 – Desvios trimestrais de temperatura média do ar (°C) baseados nos percentis 25% e 75% para a região sul do Brasil, pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os anos de 2025 e 2055.

RCP4.5	dez-fev		mar-mai		jun-ago		set-nov	
Período	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	0,5	1,0	0,5	0,7	0,7	1,2	0,5	1
2046-2065	1,0	1,7	1,2	1,7	1,0	2,0	1,0	2,0
RCP8.5								
2016-2035	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7
2046-2065	1,7	3,5	1,7	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

O valor de CO₂ utilizado como referência (382,5 ppm) refere-se à concentração média medida no ano 2007, no Observatório de Mauna Loa, no Havaí. Para os cenários futuros a curto e médio prazos, foram consideradas as projeções do cenário RCP4.5

feitas para os anos 2025 (425,8 ppm) e 2055 (499 ppm), e as projeções do cenário RCP8.5 feitas para os anos 2025 (433 ppm) e 2055 (572 ppm) como sendo representativas dos referidos períodos, respectivamente.

Foi considerada a densidade de plantas de beterraba de 350 mil plantas/ha, cobertura máxima do dossel atingindo 90% e a profundidade máxima do sistema radicular efetivo como sendo 60 centímetros (TIVELLI, 2011).

Tabela 3 – Desvios semestrais de precipitação (%) baseados nos percentis 25% e 75% projetados para a região sul do Brasil pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os anos de 2025 e 2055.

Período	RCP4.5				RCP8.5			
	out-mar		abr-set		out-mar		abr-set	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	-5	+5	-5	+5	-5	+5	-5	+5
2046-2065	-5	+15	-5	+15	+5	+15	-5	+15

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

Para o cálculo dos graus-dias acumulado (GDA) foi utilizado o método proposto por McMaster e Wilhem (1997), com a modificação de que nenhum ajuste é feito a temperatura mínima quando ela fica abaixo da temperatura basal inferior de 5°C. O acúmulo térmico necessário para a cultura atingir determinadas fases fenológicas, e consequentemente, a duração do ciclo, a partir da data de semeadura em 10 de março e 10 de outubro, foi obtido “rodando” o modelo pela primeira vez, considerando a duração do ciclo em dias. Após, os parâmetros foram convertidos automaticamente em unidades térmicas baseada no conceito dos graus dia (GD).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi visível a redução na duração do ciclo da safra semeada em março no sul do Brasil em todos os cenários climáticos analisados pelo programa (Tabelas 4 a 7). Isto se deve ao fato de a duração do ciclo estar embasada no conceito de graus-dia acumulado, que considera apenas os valores de temperatura do ar. Para a semeadura em março as reduções na duração do ciclo a curto prazo (2025) foram de três a oito dias no cenário RCP4.5 (Tabela 4) e de um a sete dias no cenário RCP8.5 (Tabela 5). Para o longo prazo (2055), as reduções foram de seis a dezesseis dias no cenário RCP4.5 e de seis a

quinze dias no cenário RCP8.5. Para a semeadura em outubro as reduções na duração do ciclo a curto prazo (2025) foram de zero a seis dias no cenário RCP4.5 (Tabela 6) e de zero a três dias no cenário RCP8.5 (Tabela 7). Para o longo prazo (2055) o ciclo tende a diminuir de três a onze dias no cenário RCP4.5 e de três a oito dias no cenário RCP8.5. Chama a atenção que essas reduções no ciclo foram maiores, quanto mais fria a localidade, presumindo que possa haver esta relação.

Tabela 4. Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA) em cenários climáticos futuros RCP4.5 para a beterraba semeada em 10 de março.

Semeadura: 10/março	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO₂ (ppm)	382,5	425,8	425,8	499	499
Bom Jesus					
Duração do ciclo (dias)	84	-6	-8	-12	-16
Produtividade (t.ha⁻¹)	12.026	+23	-287	+211	-434
EUA (kg.m⁻³)	4.37	-0.3	-0.35	+0.02	-0.26
Indaial					
Duração do ciclo (dias)	92	-4	-4	-7	-10
Produtividade (t.ha⁻¹)	12.866	+481	+473	+1.262	+758
EUA (kg.m⁻³)	3.94	+1.06	+0.19	+0.78	+0.38
Maringá					
Duração do ciclo (dias)	90	-3	-4	-6	-9
Produtividade (t.ha⁻¹)	12.344	-482	+482	+1.208	+1.099
EUA (kg.m⁻³)	3.50	+0.06	+0.04	+0.32	+0.04

Em relação à produtividade houve uma tendência predominante de aumento, sendo o maior, observado na semeadura em março no cenário RCP 4.5, na cidade de Bom Jesus no percentil 25% à médio prazo (2046-2065) (Tabela 5). Já a maior queda na produtividade ocorreu no mês de outubro, no cenário RCP4.5, na cidade de Maringá, no percentil 25% a curto prazo (2016-2035) (Tabela 6).

Minuzzi e Lopes (2015) chegaram a resultados semelhantes com a cultura do milho, onde houve redução na duração do ciclo no Centro-Oeste do Brasil. Isto está associado ao fato da duração do ciclo estar baseada no conceito de Graus-dia acumulado, uma vez que as projeções indicam aumento na temperatura mais

rapidamente a cultura vai atingir o requerimento de energia necessário para completar seu ciclo (SCHÖFFEL; VOLPE, 2002).

Tabela 5. Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA) em cenários climáticos futuros RCP8.5 para a beterraba semeada em 10 de março.

Semeadura: 10/março	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO ₂ (ppm)	382,5	433	433	572	572
Bom Jesus					
Duração do ciclo (dias)	84	-1	-3	+4	-11
Produtividade (t.ha ⁻¹)	12.026	+1.087	+489	+3.161	+715
EUA (kg.m ⁻³)	4.37	-0.05	-0.26	+0.74	+0.07
Indaial					
Duração do ciclo (dias)	92	-5	-7	-7	-11
Produtividade (t.ha ⁻¹)	12.866	+454	+271	+1.925	+1.173
EUA (kg.m ⁻³)	3.94	+0.47	+0.16	+0.84	+0.46
Maringá					
Duração do ciclo (dias)	90	-5	-6	-6	-15
Produtividade (t.ha ⁻¹)	12.344	-758	-117	+1.093	+608
EUA (kg.m ⁻³)	3.50	+0.04	-0.06	+0.47	+0.01

Tabela 6. Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA) em cenários climáticos futuros RCP4.5 para a beterraba semeada em 10 de outubro.

Semeadura: 10/outubro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO ₂ (ppm)	382,5	425,8	425,8	499	499
Bom Jesus					
Duração do ciclo (dias)	88	-3	-6	-6	-11
Produtividade (t.ha ⁻¹)	12.237	-299	-45	-563	+658
EUA (kg.m ⁻³)	2.91	-0.01	-0.25	+0.15	-0.05
Indaial					
Duração do ciclo (dias)	88	-2	-4	-5	-7
Produtividade (t.ha ⁻¹)	12.239	-75	+463	+1.617	+1.667
EUA (kg.m ⁻³)	2.64	+0.16	+18	+0.61	+0.35
Maringá					
Duração do ciclo (dias)	89	0	-3	-3	-6
Produtividade (t.ha ⁻¹)	10.847	-1.333	+608	+1.932	+2548

EUA (kg.m⁻³)	2.32	-0.05	+0.06	+0.35	+0.38
--------------------------------	------	-------	-------	-------	-------

Para a maioria das plantas, o desenvolvimento fenológico está fortemente relacionado ao acúmulo de unidades de calor, temperatura acima de um limiar ou temperatura base, abaixo do qual ocorre pouco crescimento. Esta temperatura limiar inferior varia com as espécies de plantas (BELLIN et al., 2007).

Outro fator importante é a concentração de CO₂ atmosférico, que atualmente está em torno de 382,5 ppm e as projeções feitas pelo IPCC mostram que podem chegar a 572 ppm se não forem tomadas medidas para amenizar as emissões de CO₂. Leakey et al. (2009) baseado em experimentos de plantas cultivadas em campo apontaram que os principais efeitos do aumento de gás carbônico são o incremento da assimilação do mesmo, aumento da produção de biomassa, aumento da eficiência no uso do nitrogênio, pois menos Rubisco será necessária havendo assim menor produção da mesma, menor condutância estomática aumentando a eficiência do uso da água por planta e por área cultivada. Esses efeitos podem ser constatados observando os resultados projetados para o médio prazo (2046-2065), no percentil 25% dos cenários RCP8.5 (Tabela 5 e 7), onde verificou-se que o maior valor de CO₂ coincide com os maiores desvios positivos de produtividade, somado com o aumento de temperatura de 1,7°C (Tabela 2).

Ainda em relação ao CO₂, a concentração ótima deste gás na atmosfera seria de 0,2%, pois valores acima dessa concentração fazem com que a fotossíntese estabilize. Assim na natureza há menos gás carbônico disponível para as plantas, por isso em condições naturais o mesmo é limitante para a fotossíntese (KERBAUY, 2004). Isso pode ser percebido observando os períodos de semeadura em março (Tabela 5) e em outubro (Tabela 7). Verificou-se que os cenários com maiores valores de CO₂, tiveram maiores aumentos na produtividade. Entretanto isso não deve ser tomado como regra, pois Brown (2008) ressalta que o aumento na concentração de gás carbônico contribui com o aumento da temperatura e da produtividade, mas no caso do milho temperaturas muito elevadas podem secar os estigmas rapidamente, impossibilitando o processo de polinização.

Conforme Puppala et al. (2005), a utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura. Os resultados mostraram que os valores de eficiência no uso da água tendem a

ser maiores no percentil 25% dos cenários analisados, nos dois períodos de semeadura, março e outubro (Tabelas 4, 5, 6 e 7), onde também se observou os maiores valores de produtividade, o que mostra que este fator contribuiu para aumentar a produção de biomassa da planta.

Tabela 7. Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA) em cenários climáticos futuros RCP8.5 para a beterraba semeada em 10 de outubro

Semeadura: 10/outubro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO₂ (ppm)	382,5	433	433	572	572
Bom Jesus					
Duração do ciclo (dias)	88	0	-2	-2	-8
Produtividade (t.ha⁻¹)	12.237	+28	+586	+2.479	+1.683
EUA (kg.m⁻³)	2.91	+0.04	-0.08	+0.34	+0.04
Indaial					
Duração do ciclo (dias)	88	-1	-2	-2	-5
Produtividade (t.ha⁻¹)	12.239	+920	+1.003	+2.664	+2.105
EUA (kg.m⁻³)	2.64	+0.39	+0.22	+0.66	+0.60
Maringá					
Duração do ciclo (dias)	89	-1	-3	-3	-7
Produtividade (t.ha⁻¹)	10.847	+355	+1.080	+2.880	+2.774
EUA (kg.m⁻³)	2.32	+0.15	+0.16	+0.54	+0.40

Segundo Tullio et al. (2013) a cultura da beterraba deve ser cultivada preferencialmente na estação fria ou em clima tropical de altitude, pois sua faixa de temperatura ideal de desenvolvimento varia de 15 a 20° C. Isso ajuda a explicar o fato do maior resultado de produtividade, para o clima atual, ser em Indaial na semeadura em 10 de março (Tabela 4), pois as temperaturas ficaram dentro da faixa ótima para a cultura. Também colabora para a explicação do maior aumento ter sido em Bom Jesus, na semeadura em março, no cenário RCP8.5 com percentil de 25%, pois nesse período as projeções mostraram um aumento de 1,7 a 2,5°C na temperatura (Tabela 2), elevando a mesma para uma faixa que garante o bom desenvolvimento da cultura.

O efeito do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera e seu efeito sobre as plantas tem sido estudado intensamente pelos pesquisadores. Esse efeito é diferente em plantas C3 e C4. Segundo Bergonci e Bergamaschi (2002) plantas C4 apresentam ponto de compensação de CO₂ entre 0 e 5µmol, que não é afetado pela concentração de

oxigênio, diferente das plantas C3 que apresentam ponto de compensação que varia de 40 a 50 μmol . Essa maior eficiência das plantas C4 deve-se ao fato da Rubisco estar protegida do oxigênio nas células da bainha vascular, assim diminuindo a fotorrespiração e aumentando a eficiência da fotossíntese (SOUZA, 2007).

Em estudos feitos com café, Tozzi e Ghini (2016) mostraram que o aumento da concentração de CO_2 da atmosfera promoveu aumento da biomassa, maior área foliar e taxa de crescimento em altura e em diâmetro, em mudas de cafeeiro das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Obatã IAC 1669-20. Segundo Carvalho et al. (2010), há correlação positiva entre altura de plantas, diâmetro do caule e produtividade do café, o que ressalta a importância de estudos que abordem o efeito do aumento do CO_2 do ar na cultura. Ziska e Bunce (1995) demonstraram que a razão entre a biomassa da parte aérea e das raízes foi modificada para plantas cultivadas em maiores concentrações de CO_2 . Em um experimento com soja determinaram que o aumento do CO_2 atmosférico não aumentou a fotossíntese total da planta, exceto para duas variedades cultivadas em alta temperatura, concluindo que a relação entre temperatura e concentração de CO_2 pode não refletir em mudanças na cinética das carboxilases. O efeito direto mais significativo do aumento da concentração de CO_2 no crescimento da planta é, certamente, um acréscimo na disponibilidade de carboxilases e um aumento na eficiência do uso da água pela planta.

Entretanto, especula-se que o aumento na temperatura cause uma redução na taxa fotossintética, elevação da respiração e da transpiração, redução de ciclo e, conseqüentemente, redução na produção e na produtividade das culturas, assim as mudanças climáticas podem ocorrer nos próximos anos trarão significativos impactos sobre as culturas agrícolas (RENATO, 2013).

Mesmo com todo o avanço da tecnologia, ainda é um desafio incluir eventos extremos em simulações futuras, como ondas de calor/frio e chuvas intensas, que por serem de curta duração, acabam sendo ocultados pelas médias nos períodos projetados. (MINUZZI; LOPES, 2015).

4 CONCLUSÕES

Diante dos cenários climáticos em curto e médio prazos projetados pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC, a duração do ciclo da beterraba tende a diminuir.

Os maiores aumentos de eficiência no uso da água (EUA) e produtividade foram observados no percentil 25% a médio prazo dos cenários analisados, nos dois períodos de semeadura.

Os aumentos nos valores de CO₂ na atmosfera e da eficiência no uso da água (EUA) contribuíram para o aumento na produtividade.

5 LITERATURA CITADA

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, p. 56, 1998.

BELLIN, D. et al. Transcript profiles at different growth stages and tap-root zones identity correlated developmental and metabolic pathways of sugar beet. **Journal of experimental botany**, v. 58, n. 3, p. 699–715, 2007.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H. Ecofisiologia do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DO MILHO E DO SORGO, 24, 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABMS/EMBRAPA/EPAGRI, 2002.

BROWN, L. R. **Plan B 3.0. Mobilizing to save civilization**. New York: W.W. Norton & Company, 398p. 2008.

CALZADILLA, A. et al., Climate change impacts on global agriculture. **Climatic Change**, v.120, p.357-374, 2013.

CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.269-275, 2010.

HAMADA, E. et al. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS SOBRE DOENÇAS DE PLANTAS NO BRASIL, 2008, Brasília. **Anais...** Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.25-73.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Revised 1996 IPCC Guidelines Greenhouse Gás Inventory: Reference Manual. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. v. 3, 1996.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara. Koogan, 452 p. 2004.

LEAKEY, A.D.B. et al. Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from. **Journal of Experimental Botany**. p.1-18, 2009.

McMASTER, G. S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.

MINUZZI, R.B; LOPES, F. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. V.19, n.8, p.734-740, 2015.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Cultura da beterraba. In: Fontes, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa. P.345-354. 2005.

PUPPALA, N.; FOWLER, J.L.; JONES, T.L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. **Industrial Crops and Products**, v.21, p.33-47, 2005.

RENATO, N. S. et al. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Viçosa. V.28, n.4, 382-388, 2013.

RODRIGUES, O. et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 36, n,3, p, 431-437,2001.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.89-96, 2002.

SOUZA, A. P. de. **A cana-de-açúcar e as mudanças climáticas : efeitos de uma atmosfera enriquecida em 'CO IND. 2' sobre o crescimento, desenvolvimento e metabolismo de carboidratos de Saccharum ssp.** 2007. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia celular e estrutural, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

TIVELLI, S.W. et al. Beterraba, do plantio à comercialização. Série Tecnologia APTA. **Boletim Técnico IAC, 210.** Campinas: Instituto Agrônômico. 45p. 2011.

TOZZI, F. R. O.; GHINI, R. Impacto do aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono sobre a ferrugem e o crescimento do cafeeiro. **Pesquisa gropecuária Brasileira**, v.51, n.8, p.933-941, 2016.

TULLIO, J.A.; OTTO, R.F.; BOER, A; OHSE, S. Cultivo de beterraba em ambientes protegido e natural na época de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** V.17, n.10, p.1074–1079, 2013.

ZISKA, L.H.; BUNCE, J.A. Growth and photosynthetic response of three soybean cultivars to simultaneous increases in growth temperature and CO₂. **Physiologia Plantarum**, v.94, p.575-584, 1995.