

## **Regime hídrico e rendimento de genótipos de soja em condição de campo**

SANTOS, E. D.<sup>1</sup>; NEPOMUCENO, A. L.<sup>2</sup>; FARIAS, J. R. B.<sup>2</sup>; MANDARINO, M. J. G.<sup>2</sup>; MERTZ-HENNING, L. M.<sup>2</sup>; OLIVEIRA, M. C. N. de<sup>2</sup>; NEUMAIER, N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Filadélfia (Unifil), bolsista CNPq, Londrina, PR, eliseu1961@hotmail.com; <sup>2</sup>Pesquisador(a), Embrapa Soja

### **Introdução**

Pertencente à família Fabaceae e de origem chinesa, a soja (*Glycine max* [L.] Merrill), até a década de 1930 era utilizada como forrageira; entretanto, nos EUA em 1880, já possuía importância econômica e, em 1970, aquele país se consolidava como o principal produtor do grão. Atualmente, o Brasil é considerado o segundo maior produtor e exportador da leguminosa (IMEA, 2015). No oriente o consumo do grão se dá diretamente através de diversas formas (fresco, seco e fermentado), enquanto que no ocidente o consumo em sua maior parte se dá através de produtos derivados, principalmente o óleo e a proteína (SANTOS, 2008). Pesquisas afirmam que há uma correlação negativa tanto fenotípica, quanto genotípica, entre óleo e proteína, ou seja, quando se tem um aumento no teor de proteína, há um decréscimo no teor de óleo e na produtividade (PÍPOLO et al., 2015).

A produtividade da soja é dependente de vários fatores; além da genética da planta, os fatores ambientais possuem forte influência sobre o rendimento de grãos. Com isso, a disponibilidade de água durante o ciclo da cultura é essencial, uma vez que os estádios de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos, são os mais críticos. Dentre os fatores restritivos, o acamamento possui grande importância, pois causa diminuição do potencial de rendimento de grãos e pode ser ocasionado por alta densidade de plantas, cultivares de porte elevado, excesso de suprimento hídrico, entre outros fatores (SANTOS, 2008).

Em especial, o excesso hídrico é significativo e possui uma relação negativa com a produtividade, principalmente, quando ocorre no estágio vegetativo, alongando as hastes principais na tentativa de aumentar a eficiência da absorção da radiação solar e causando crescimento excessivo das plantas de soja, com a conseqüente desorganização do dossel. Essa desorganização altera a distribuição da radiação solar, a qual está intimamente relacionada com a atividade fotossintética das plantas. Com a ocorrência do acamamento, a eficiência da radiação solar é diminuída juntamente com a produção de fotoassimilados gerando, deste modo, conseqüências que irão refletir diretamente, de modo negativo, na produtividade (MUNDSTOCK, 2005; SANTOS, 2008; SOUZA et al. 2013).

Embasado nessas informações, o presente trabalho objetivou determinar a influência da disponibilidade hídrica no desenvolvimento de genótipos de soja com e sem genes de tolerância à seca, submetidas a distintos regimes hídricos em condição de campo.

### **Materiais e Métodos**

Os dados do presente trabalho foram obtidos a campo, na área experimental da Equipe de Ecofisiologia (localizada nas coordenadas 23° 11' 44''S e 51° 11' 35''O, com altitude de 598 m), na Fazenda da Embrapa Soja. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro blocos e espaçamento de 0,5 m entre linhas. As parcelas receberam os tratamentos irrigado (IRR) e não irrigado (NIRR) e as parcelas submetidas ao déficit hídrico receberam

os tratamentos Estresse Hídrico no período Vegetativo (EHV) e Estresse Hídrico no período Reprodutivo (EHR), sendo estas duas últimas, dispostas sob abrigos móveis contra a chuva (*rain-out shelters*). O tratamento IRR recebeu irrigação de 43 mm entre os dias 11 e 18/11 (2º decêndio de novembro), e nos dias 21 e 25/11 (3º decêndio de novembro) de 79,6 mm. O tratamento EHV teve duração de 17 dias, com início em 25 de novembro e término em 12 de dezembro; já o tratamento EHR, teve duração variando entre 62 e 77 dias, com início em 12 de dezembro e perdurando até a colheita, o que ocorreu entre os dias 12 e 27 de fevereiro. Nas subparcelas foram analisadas as cultivares BR16 e BRS 184 (controles, sem transformação genética) e as linhagens 1Ea15, 2Ha11 e 2Ia4, as quais possuem genes de tolerância à seca introduzidos por transformação genética. Ao atingirem a maturação, as parcelas tiveram seus grãos colhidos para a determinação do rendimento. Desses grãos colhidos, foram separados 30 g e, após envelopados e identificados, foram levados ao laboratório de Análises Físico-Químicas e Cromatográficas da Embrapa Soja, para as análises de teores de óleo e proteína.

Os teores de óleo e proteína foram medidos por equipamento de espectroscopia de infravermelho próximo (FT-NIR), da marca ThermoScientific, modelo Antaris II, composto de esfera de integração e leitura nas faixas entre 1100 e 2500 nanômetros.

No campo experimental, 3 plantas de soja, por subparcela, foram coletadas e levadas ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal II da Embrapa Soja, para aferição da altura das plantas.

No laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Soja, foram realizados os cálculos do Balanço Hídrico Decendial (BHD) (Figura 1A), através dos dados obtidos na estação agrometeorológica da sede da Embrapa Soja, juntamente com a irrigação realizada no tratamento IRR (Figura 1B). O Cálculo do rendimento, foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal I da Embrapa Soja, levando em conta o peso e a umidade dos grãos produzidos pelos genótipos e colhidos da área útil das parcelas, em que a área útil dos tratamentos NIRR e IRR foi de 8 m<sup>2</sup> e a dos tratamentos EHV e EHR e foi de 6 m<sup>2</sup>.

Os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

De acordo com os resultados do BHD (Figura 1A), o período que compreende o primeiro e o segundo decêndio de novembro, apresentou deficiência hídrica no solo, indicando que não houve precipitação, sendo necessário às plantas a retirada de água armazenada no solo. Assim, para evitar a ocorrência de déficit hídrico, o tratamento IRR recebeu irrigações no segundo e no terceiro decêndio de novembro (Figura 1B), pois neste período as plantas encontravam-se nos estádios V3 e V5 e em ambos os tratamentos IRR e NIRR apresentavam alturas de planta semelhantes.

No entanto, após realizar as irrigações, houve um período de boas precipitações até o primeiro decêndio de fevereiro, não sendo necessário realizar mais nenhuma irrigação. Após a última irrigação e com as frequentes e abundantes precipitações foi possível observar que as plantas de todos os genótipos do tratamento IRR cresceram mais do que as plantas dos demais tratamentos, favorecendo, deste modo, a ocorrência do acamamento no tratamento IRR. De acordo com Souza et al. (2013), o excesso hídrico favorece essa condição. Portanto, analisando as Figuras 1B e 2, é possível inferir que as irrigações somadas à boa precipitação em praticamente todo o restante do ciclo contribuíram para a ocorrência do acamamento ocorrido principalmente nos genótipos 2Ha11, 2Ia4 e BRS 184.

No que se refere ao teor de óleo nos grãos (Tabela 1), na comparação dos genótipos dentro dos tratamentos hídricos é possível verificar que, nos tratamentos EHV e NIRR, os genótipos 2Ia4, 2Ha11 e BRS 184 apresentaram as maiores porcentagens e não diferiram estatisticamente entre si, enquanto que os genótipos 1Ea15 e BR 16 apresentaram as menores porcentagens e, também, não diferiram entre si. No tratamento IRR, os genótipos com as maiores porcentagens de óleo foram BRS 184, 2Ha11 e 2Ia4, diferindo de BR 16. Já no tratamento EHR, os genótipos 2Ia4 e BRS184 apresentaram as maiores porcentagens

de óleo. O genótipo que apresentou a menor porcentagem foi o 1Ea15, não diferindo de BR 16, que por sua vez não diferiu de 2Ha11.

Ainda, quanto ao teor de óleo (Tabela 1), é possível analisar os tratamentos dentro dos genótipos. As porcentagens de óleo produzidas nos regimes hídricos não diferiram entre si nos genótipos 1Ea15 e 2Ha11. A maior porcentagem (absoluta) de óleo foi obtida no tratamento EHR e na cultivar BRS 184. Nessa cultivar, os demais tratamentos apresentaram porcentagens menores e equivalentes entre si. No genótipo 2la4 e na cultivar BR 184, os tratamentos hídricos apresentaram porcentagens de óleo decrescentes, na seguinte ordem: EHR, EHV, NIRR e IRR, indicando que, pelo menos para alguns dos genótipos (e.g.: BRS 184 e 2la4) a menor disponibilidade hídrica ao longo do ciclo da cultura estimula uma maior porcentagem de óleo nos grãos, enquanto que para outros (e.g.: 1Ea15 e 2Ha11), não faz diferença.

Para o teor de proteína, a ANOVA mostrou apenas efeitos simples de genótipo e de tratamento hídrico (Figuras 3A e 3B). Na análise do comportamento de genótipos dentro de tratamento hídrico (Figura 3A), é possível identificar que, dentre os genótipos testados a cultivar BRS 184 e as genótipos 2Ha11 e 2la4 apresentaram as menores porcentagens de proteína, enquanto que a cultivar BR 16 e a genótipo 1Ea15 apresentam as maiores porcentagens. Na comparação entre tratamentos hídricos, a única diferença significativa ocorreu entre os tratamentos IRR e EHV, com o IRR produzindo maior porcentagem (Figura 3B). Os tratamentos IRR, NIRR e EHR não apresentaram diferenças significativas entre si nem, tampouco, os tratamentos EHV, EHR e NIRR.

De maneira geral, a cultivar BRS 184 e os genótipos 2la4 e 2Ha11 apresentaram os maiores teores de óleo e os menores teores de proteína, enquanto que a cultivar BR 16 e o genótipo 1Ea15 apresentaram os menores teores de óleo e os maiores teores de proteína (Tabela 1 e Figura 3A). Os genótipos com maiores teores de óleo e menores teores de proteína foram os que apresentaram maior rendimento (Figura 4A), o que corrobora com Pípolo et al. (2015), que afirmam que os teores de óleo e proteína correlacionam-se negativamente, ou seja, quanto

maior o teor de proteína, menor a porcentagem de óleo. Isso pode ser explicado pelo fato das plantas gastarem menos energia na produção de óleo em comparação à produção de proteína. As proteínas são responsáveis por várias funções biológicas na planta e têm, em média, uma concentração de 2:1 (proteína:óleo) em grãos de soja, existindo correlação positiva entre teor de óleo e produtividade e uma correlação negativa entre teor de proteína e produtividade (TRZECIAK, 2012).

No tocante ao índice de acamamento e ao rendimento (Figura 2 e Figura 4B), pode-se verificar que todos os genótipos no tratamento IRR apresentaram um acamamento considerável. Os genótipos com maior índice de acamamento, foram aqueles que apresentaram os maiores teores de óleo, podendo este fato ser explicado pela desorganização do dossel, que não propiciou a produção de maiores quantidades de proteína, favorecendo maiores teores de óleo pelo fato de envolver um menor gasto energético (TRZECIAK, 2012). No entanto, entre todos os tratamentos testados, o EHV e NIRR foram os que obtiveram os maiores rendimentos, enquanto que o EHR foi o que apresentou o menor rendimento. Esta condição pode ser explicada pelo fato de que a ocorrência de déficit hídrico, no período de enchimento dos grãos, aliada às demais variáveis climáticas, como temperaturas elevadas e alta demanda evaporativa da atmosfera, compromete o enchimento dos grãos e, conseqüentemente, gera um menor rendimento (EMBRAPA SOJA, 2000).

### **Conclusão**

Para condições semelhantes às do presente ensaio conclui-se que: A aplicação da irrigação no segundo e terceiro decêndio de novembro propicia a ocorrência do acamamento por favorecer um aumento no tamanho das plantas, entretanto, precipitações continuadas e em excesso, após novembro, também contribuem para a ocorrência de acamamento.

Os genótipos BRS 184, 2Ia4 e 2Ha11 apresentam maiores rendimentos e teores de óleo, com menores teores de proteína, comparados aos genótipos BR 16 e 1Ea15, cujos resultados são opostos.

Déficit hídrico na fase reprodutiva do ciclo da soja reduz significativamente o rendimento.

### Referências

EMBRAPA SOJA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja: BASF, 2000. 1 CD-ROM.

IMEA (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Entendendo o mercado da soja**. Disponível em: [http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2015\\_06\\_13\\_Paper\\_jornalistas\\_boletins\\_Soja\\_Versao\\_Final\\_AO.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2015_06_13_Paper_jornalistas_boletins_Soja_Versao_Final_AO.pdf). (Workshop Jornalismo Agropecuário, 2015). Acesso em: 21 mai. 2017.

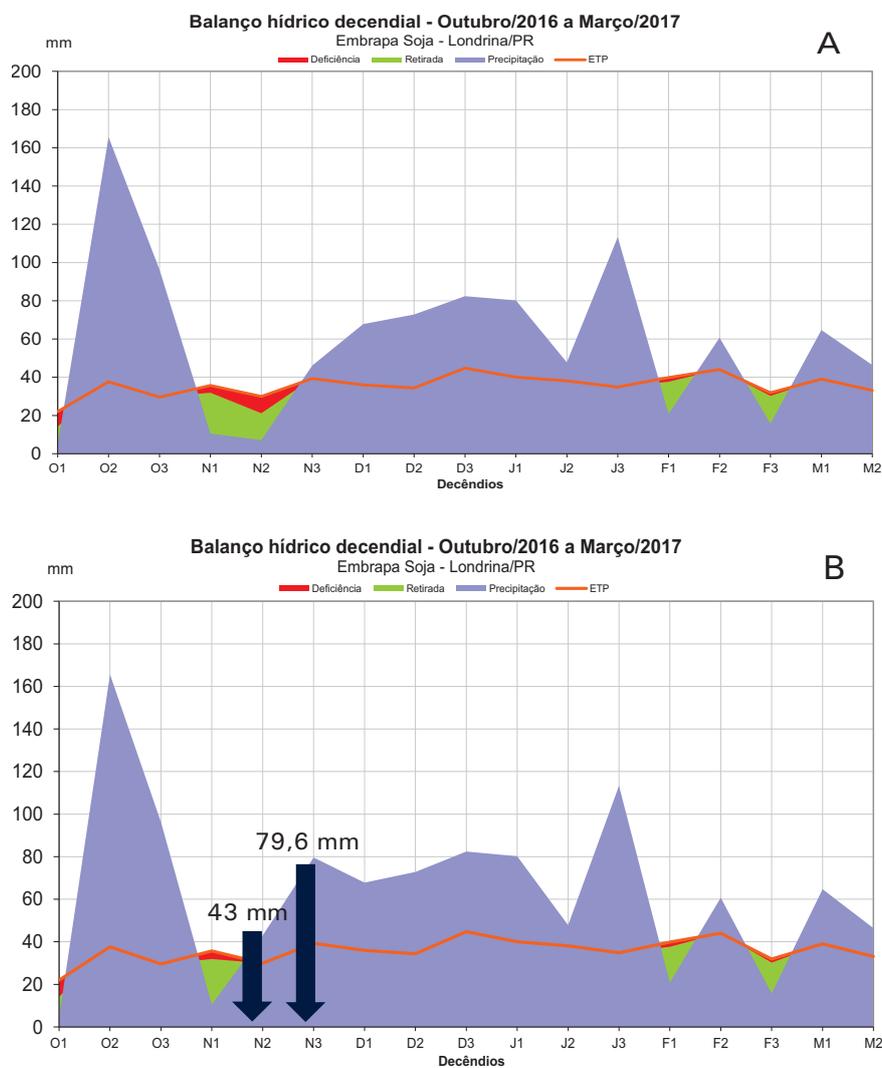
MUNDSTOCK, C. M. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Dep. de plantas de lavoura da UFRS: Evangraf, 2005. 31 p.

PÍPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, M. J. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 16 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 86).

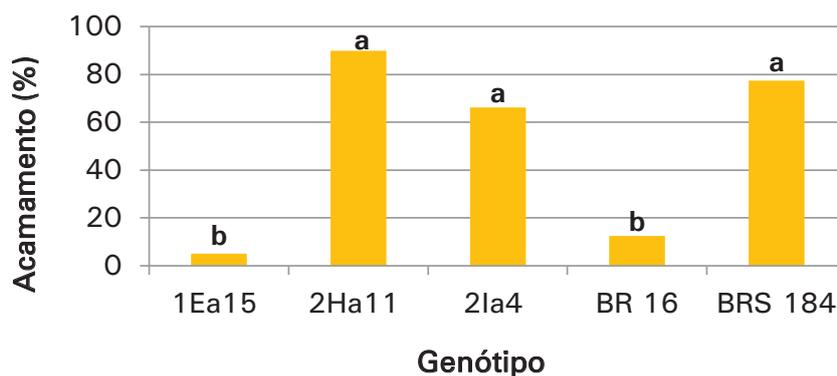
SANTOS, T. L. Soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Ceres, 2008. 864 p.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T. I.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrentes do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, maio-jun 2013.

TRZECIAK, M. B. **Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos**. 2012. 131 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.



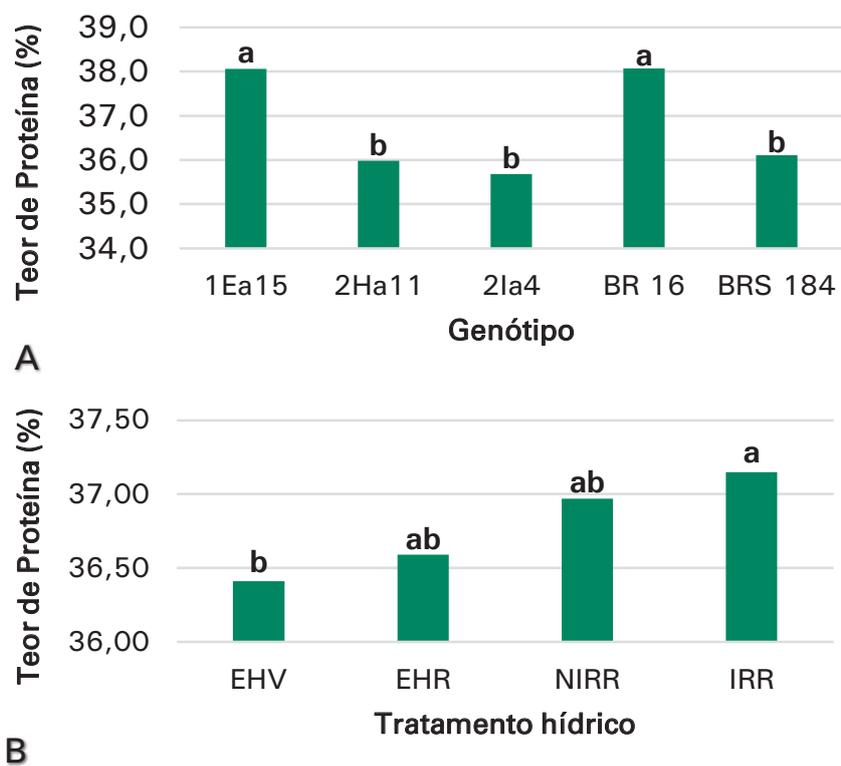
**Figura 1.** Balanco Hídrico Decendial (BHD) do período que compreende desde o início até o fim do experimento instalado no 3º Decêndio de outubro e finalizado no 3º Decêndio de fevereiro. (A) BHD sem a irrigação, demonstrando a deficiência hídrica. (B) BHD com a irrigação, mostrando o suprimento hídrico, em mm, no 2º e 3º Decêndio de novembro, respectivamente.



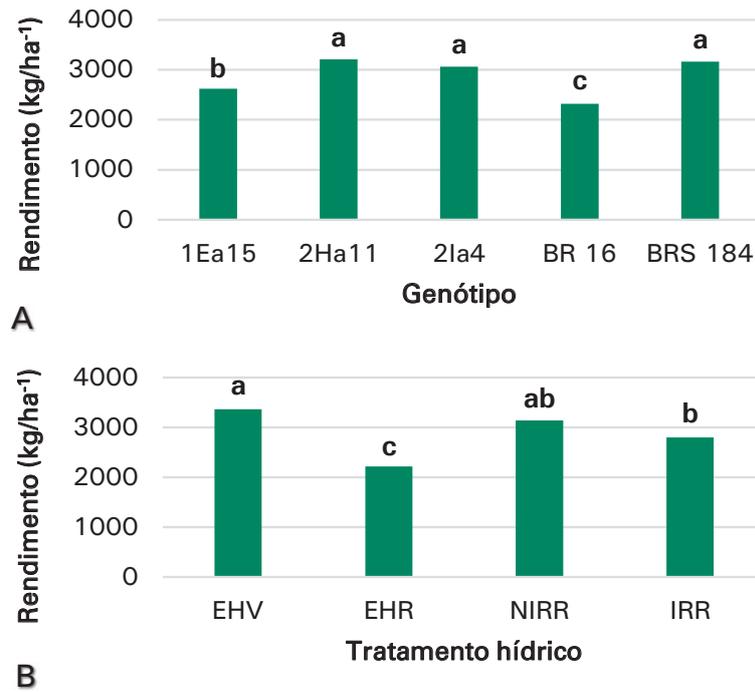
**Figura 2.** Índice de acamamento (% da área acamada da parcela) de genótipos de soja submetidos ao tratamento IRR (irrigado), sob condições de campo (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 1.** Teores de óleo (%) nos grãos de genótipos de soja submetidos a diferentes regimes hídricos, sob condições de campo: EHV - Estresse Hídrico no Vegetativo; EHR - Estresse Hídrico no Reprodutivo; NIRR - Não Irrigado; IRR - Irrigado. Letras minúsculas comparam o tratamento dentro dos genótipos, enquanto que letras maiúsculas comparam o genótipo dentro do tratamento hídrico (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

Genótipo	Tratamento hídrico			
	IRR	NIRR	EHV	EHR
1Ea15	20,51 Abc	20,54 Ab	20,96 Ab	21,02 Ac
2Ha11	21,67 Aab	22,44 Aa	22,49 Aa	21,95 Abc
2Ia4	21,41 Bab	21,94 Aab	22,77 Aa	22,91 Aab
BR 16	19,91 Bc	19,73 Bb	20,91 ABb	21,42 Ac
BRS 184	21,99 Ba	22,22 Ba	22,31 Ba	23,64 Aa



**Figura 3.** Teores de Proteína (%) nos grãos de soja: (A) Médias porcentagem de proteína de genótipos; e (B) Médias de porcentagem de proteína de tratamentos hídricos, sob condições de campo: EHV - Estresse Hídrico no Vegetativo; EHR - Estresse Hídrico no Reprodutivo; NIRR - Não Irrigado; IRR - Irrigado (Tukey  $p \leq 0,05$ ).



**Figura 4.** Rendimento de grãos (kg/ha<sup>-1</sup>): (A) Médias de rendimento de genótipos de soja; e (B) Médias de rendimento dos tratamentos hídricos, sob condições de campo: EHV - Estresse Hídrico no Vegetativo; EHR - Estresse Hídrico no Reprodutivo; NIRR - Não Irrigado; IRR - Irrigado (Tukey  $p \leq 0,05$ ).