

# INFLUÊNCIA DE AUXINA E CITOCININA NO DESENVOLVIMENTO DE EMBRIÕES SOMÁTICOS DE *Coffea arabica* L.

## EFFECTS OF AUXINS AND CYTOKININS ON THE DEVELOPMENT OF *Coffea arabica* L. SOMATIC EMBRYOS

JULIANA COSTA DE REZENDE<sup>1</sup>, CARLOS HENRIQUE SIQUEIRA DE CARVALHO<sup>2</sup>, ANA CAROLINA RAMIA SANTOS<sup>3</sup>, MOACIR PASQUAL<sup>4</sup>, ANTÔNIO NAZARENO GUIMARÃES MENDES<sup>5</sup>

<sup>1</sup>DSc - Pesquisadora - EPAMIG/CTSM- CP 147 - 37200-000 -Lavras, MG- julianacosta@epamig.br

<sup>2</sup>DSc - Pesquisador - Embrapa/Fundação Procafé - Av Alameda do Café, 1000. - 37026-400 - Varginha, MG - carlos.carvalho@embrapa.br

<sup>3</sup>Eng. Agrônoma, Pesquisadora - Fundação Procafé - Av Alameda do Café, 1000. - 37026-400 - Varginha, MG - carolramia@yahoo.com

<sup>4</sup>DSc- Professor - Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal de Lavras - CP 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - masqual@ufla.br

<sup>5</sup> DSc- Professor - Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal de Lavras - CP 3037 - 37200-000 - Lavras, MG - nazareno@ufla.br

### RESUMO

Na cultura de tecidos, a adição de reguladores de crescimento ao meio nutritivo é de suma importância. Objetivando avaliar o efeito de IBA e de BAP, na fase final de desenvolvimento de embriões somáticos de *Coffea arabica* L., foi conduzido um experimento no Laboratório de Cultura de Tecidos da Fundação Procafé, em Varginha, MG. Os tratamentos constituíram-se de variações no meio de crescimento (PRM): meio PRM (tratamento 1), meio PRM sem BAP (tratamento 2), meio PRM acrescido de 1,47µM de IBA (tratamento 3) e meio PRM sem BAP acrescido de 1,47µM de IBA (tratamento 4). Para as análises estatísticas foi isolado o efeito do BAP e do IBA e os tratamentos foram arranjados em um esquema fatorial 2 x 2 (presença e ausência de BAP, presença e ausência de IBA). Os frascos foram mantidos em sala de crescimento com irradiância em torno de 32 µ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, temperatura de 25±2°C e fotoperíodo de 16 horas. A avaliação do experimento foi realizada três meses após a instalação. Analisou-se o comprimento da parte aérea, porcentagem de plântulas normais e de plântulas com raízes. Verificou-se que, no protocolo empregado, não há necessidade da adição de IBA e BAP para a conversão de embriões somáticos cotiledonares em plântulas de *Coffea arabica* L..

**Termos para indexação:** cultura de tecidos, embriogênese somática, café, reguladores de crescimento.

### ABSTRACT

In tissue culture, the use of growth regulation in culture media is very important. This work was carried out at the Tissue Culture Laboratory of the Fundação Procafé in Varginha, MG, with the objective of evaluating the effect of IBA and BAP in the final developmental phase of *Coffea arabica* L. somatic embryos. The treatments consisted of growth media variations (PRM): PRM medium (treatment 1), PRM media without BAP (treatment 2), PRM media supplemented with 1,47 µM IBA (treatment 3) and PRM media without the BAP supplemented with 1,47 µM IBA (treatment 4). For statistical analyses both BAP and IBA effects

were isolated, and the treatments were arranged in a 2 x 2 factorial scheme (presence and absence of both BAP and IBA). The flasks were maintained in growth room with radiance level around 32 µ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, temperature of 25 ± 2° C and day-light period of 16 hours. The evaluation was carried out three months after installation by evaluating shoot length, normal plantlets percentage and rooted plantlets percentage. On the ground of the parameters evaluated, there is no need for IBA or BAP addition for *Coffea arabica* L. somatic embryos development.

**Index terms:** tissue culture, somatic embryogenesis, coffee, growth regulators.

### INTRODUÇÃO

Técnicas da biotecnologia, incluindo a cultura de tecidos, têm sido empregadas de diferentes formas no desenvolvimento de cultivares superiores. No cafeeiro, os trabalhos pioneiros em cultura de tecidos foram publicados por Staritsky (1970), que obteve êxito na indução de calos a partir de folhas de várias espécies e produção de embriões somáticos na espécie *Coffea canephora* L..

Posteriormente, diversos trabalhos envolvendo a espécie *C. arabica* foram desenvolvidos no intuito de aumentar a taxa de indução e multiplicação de calos embriogênicos e a regeneração e desenvolvimento de plântulas (ZAMARRIPA et al., 1991; NEUENSCHWANDER & BAUMANN, 1992; BARRY-ETIENNE et al., 1999; QUIROZ-FIGUEROA et al., 2002).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são controlados por substâncias orgânicas naturais

(Recebido em 17 de dezembro de 2009 e aprovado em 07 de novembro de 2010)

denominadas fitormônios, as quais são sintetizadas em pequenas concentrações e em determinadas regiões das plantas, sendo distribuídas para diferentes órgãos, nos quais exercem suas funções inibindo ou estimulando processos fisiológicos e ou bioquímicos vitais. Substâncias com efeitos similares ao de fitormônios podem ser sintetizadas em laboratório e são denominadas reguladores de crescimento ou fitoreguladores (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Na cultura de tecidos, a adição de reguladores de crescimento ao meio nutritivo é de extrema importância, pois reproduz o que ocorre naturalmente na planta. Combinações entre essas substâncias propiciam melhor crescimento e desenvolvimento do explante e sua influência tem sido estudada na cultura *in vitro* de embriões de café (CARVALHO et al., 1999; PEREIRA et al., 2007).

Segundo Skoog & Miller (1957), um adequado balanço entre auxinas e citocininas estabelece eficiente controle no crescimento e na diferenciação das culturas *in vitro*, sendo, conseqüentemente, os reguladores de crescimento mais utilizados na cultura de tecidos.

As auxinas promovem divisão, alongamento e diferenciação celular, além de serem responsáveis pela dominância apical (TAIZ & ZEIGER, 2004). De modo geral, baixas concentrações de auxinas favorecem o crescimento normal de embriões e o crescimento radicular, enquanto altas concentrações, tanto apresentam efeito inibitório quanto favorecem a formação de calos (RAGHAVAN & SRIVASTAVA, 1982; PILET & SAUGY, 1987).

As citocininas também possuem papel essencial no crescimento da parte aérea, uma vez que são responsáveis pelo controle da divisão celular (HEMERLY et al., 1993; JELENSKA et al., 2000), sendo necessárias na regulação da síntese de proteínas que estão diretamente relacionadas com a formação de fibras do fuso mitótico (GEORGE & SHERRINGTON, 1984). Entretanto, alguns autores afirmam que essas substâncias inibem o crescimento da parte aérea (RAGHAVAN & TORREY, 1964) e do sistema radicular (CASTRO et al., 2007).

No cafeeiro, é comum a adição da citocinina BAP (benzilaminopurina) para aumentar o crescimento da parte

aérea de embriões somáticos em fase inicial de germinação (PEREIRA, 2005) e da combinação de uma citocinina e uma auxina durante a fase cotiledonar (ANDRADE et al., 2001) para induzir a formação de raízes e completar a germinação do embrião. Zok & Dublin (1991) verificaram que as citocininas BAP e IBA (ácido indolbutírico) são mais eficazes que as cinetinas no que se refere a formação e ao crescimento de gemas e raízes nos explantes.

Todavia, a resposta à adição de reguladores de crescimento depende das condições de cultivo a que os embriões estavam previamente submetidos e, principalmente, da concentração e do tipo dos reguladores de crescimento no meio de cultura. Diante dos fatos, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de IBA e de BAP na conversão de embriões somáticos em estágio cotiledonar para plântulas de *C. arabica*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos da Fundação Procafé, Varginha, MG. Segmentos de folha de 1 cm<sup>2</sup> do clone 20 (grupo Catucaí), estabelecido em campo, foram inoculados em placas de Petri, contendo o meio primário (PM) e, após um mês, transferidos para o meio secundário (SM), segundo o protocolo de Teixeira et al. (2004). Aos 180 dias, após a inoculação dos explantes, os calos embriogênicos foram transferidos para o meio de regeneração, segundo o mesmo protocolo, suplementado com 1g L<sup>-1</sup> de prolina, onde permaneceram por mais 70 dias até a formação de embriões globulares. Ao final desse período, os embriões permaneceram por 120 dias em biorreatores do tipo RITA®, contendo o meio de regeneração (R) de Boxtel & Berthouly (1996), até que as folhas cotiledonares estivessem bem desenvolvidas (Figura 1A). Esses embriões, em estágio cotiledonar, foram utilizados como explantes no presente trabalho (Figura 1B), a fim de completarem o desenvolvimento até o estágio de plântulas.

Os tratamentos constituíram das seguintes variações no meio de crescimento (PRM) de Teixeira et al. (2004): meio PRM (tratamento 1), meio PRM sem BAP

(tratamento 2), meio PRM acrescido de  $1,47\mu\text{M}$  de IBA (tratamento 3) e meio PRM sem o BAP acrescido de  $1,47\mu\text{M}$  de IBA (tratamento 4). Dessa forma, para as análises estatísticas, foi isolado o efeito do BAP e do IBA e os tratamentos foram arranjados em um esquema fatorial  $2 \times 2$  (presença e ausência de BAP, presença e ausência de IBA).

O meio PRM de Teixeira et al. (2004) é composto por metade dos sais DKW (DRIVER & KUNIYUKI, 1984), porém, no presente trabalho, esses sais foram substituídos pelos sais MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962). Os demais reagentes que compõem o meio foram mantidos, ou seja, tiamina ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ ), piridoxina ( $1 \text{ mg L}^{-1}$ ), glicina ( $1 \text{ mg L}^{-1}$ ), ácido nicotínico ( $1 \text{ mg L}^{-1}$ ), mio-inositol ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ), BAP ( $1,33 \mu\text{M}$ ), sacarose ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) e glicose ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ). Os meios foram solidificados com  $3,4 \text{ g L}^{-1}$  de Phytigel® e tiveram seu pH ajustado para  $5,8 \pm 0,1$ . Em seguida,  $50 \text{ mL}$  de cada meio foram vertidos em frascos de vidro com capacidade de  $250 \text{ mL}$ , antes do processo de autoclavagem, realizado a  $121^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$  por 20 minutos. Após o resfriamento, os frascos foram levados para câmara de fluxo laminar, onde foram inseridos quatro embriões em estágio cotiledonar por frasco. Os frascos foram vedados com parafilme e mantidos em sala de crescimento com irradiância em torno de  $32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 16 horas.

A avaliação do experimento foi realizada três meses após a instalação, analisando-se o comprimento da parte aérea, a porcentagem de plântulas com raízes e porcentagem de plântulas normais. Foram contabilizadas como plantas normais somente àquelas que apresentaram aspecto normal, ou seja, fenótipo semelhante ao de plantas provenientes de sementes e parte aérea bem desenvolvida e vigorosa (Figura 2).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 20 repetições por tratamento. A análise de variância foi realizada utilizando-se o procedimento GLM® e, quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos e entre as interações, as médias foram comparadas entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância. Os valores relativos à porcentagem de plântulas normais foram transformados por  $\arcsen(\sqrt{x})$ , por não apresentarem homogeneidade das variâncias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve significância para a presença de BAP e IBA nos meios de cultura sobre o comprimento da parte aérea. A interação entre esses fatores foi significativa, o que mostra um comportamento diferenciado dos níveis do fator BAP em cada nível do fator IBA e do fator IBA em cada nível do fator BAP.

\*Aplicativo computacional SAS® (SAS, 1990)



**FIGURA 1** – A. Embriões somáticos de *C. arabica*, após 120 dias em biorreatores do tipo RITA® (esq.) e B. embriões em estágio cotiledonar, utilizados como explantes (dir.).

Na presença de BAP, o comprimento da parte aérea foi estatisticamente igual na presença ou na ausência de IBA e, na ausência de BAP, esse comprimento foi estatisticamente superior na ausência de IBA do que na sua presença (Tabela 1). Da mesma forma, na presença de IBA, o comprimento médio das plantas é estatisticamente igual ao comprimento na presença ou na ausência de BAP. Na ausência de IBA, o comprimento foi estatisticamente superior na ausência de BAP.

Verifica-se, ainda na Tabela 1, que houve maior comprimento da parte aérea na ausência de ambos os reguladores de crescimento. Segundo Guerra et al. (1999),

o efeito das auxinas no desenvolvimento de embriões somáticos é primariamente inibitório e se manifesta nos estádios subsequentes ao globular. Isso foi demonstrado pelo trabalho de Newcomb & Wetherell (1970) em cenoura, os quais verificaram que na presença apenas de 2,4-D, os embriões somáticos se desenvolviam até o estágio de pró-embrião. Desenvolvimento posterior para os estádios globular, cordiforme, cotiledonar e plantas adultas só ocorria em meio desprovido de 2,4-D. Da mesma forma, Raghavan & Torrey (1964) observaram a inibição do crescimento em orquídea com a utilização de citocininas.



**FIGURA 2** – Plântulas desenvolvidas em meio de crescimento que apresentaram desenvolvimento normal.

**TABELA 1** – Valores médios do comprimento da parte aérea (cm) de plantas de *C. arabica in vitro*, cultivadas em meio PRM, acrescido de reguladores de crescimento.

IBA (1,47 $\mu$ M)	BAP (1,33 $\mu$ M)	
	Presença	Ausência
Presença	1,92a A	1,87b A
Ausência	1,81a B	2,44a A

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste t de Student a 5% de significância.

Os efeitos da adição de IBA e de BAP ao meio de cultura foram significativos para a porcentagem de plântulas com raízes. Observou-se, pelos dados da Tabela 2, que o tratamento constituído pelo meio PRM acrescido de 1,47  $\mu\text{M}$  de IBA, não apresentou plantas com formação de sistema radicular, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos estudados. Os resultados corroboram as observações de Hu & Ferreira (1998), os quais afirmam que reguladores de crescimento não necessitam ser adicionados ao meio de cultura de embriões, exceto quando o objetivo do trabalho é a multiplicação rápida.

Esse resultado pode ser atribuído à possibilidade de que os níveis endógenos de auxinas e de citocininas das plantas tenham sido suficientes para proporcionar o desenvolvimento de raízes. Para Lane & Mc Dougald (1982), a necessidade de fornecimento de reguladores de crescimento aos meios de cultura está relacionada com a quantidade endógena que cada cultivar e cada explante possui e é também dependente do meio, da eficiência de transporte do regulador e do metabolismo deste.

No presente trabalho é possível também que os reguladores de crescimento utilizados nos meios anteriores à fase de formação de plântulas tenham condicionado um efeito residual, proporcionando condições adequadas ao desenvolvimento de plantas com raízes, dispensando o uso de reguladores nessa fase de desenvolvimento dos embriões somáticos.

Em contrapartida, alguns autores afirmam que auxinas e citocininas são necessárias em pequenas

concentrações, para haver crescimento normal da parte aérea (ANDRADE et al., 2001) e do sistema radicular (PILET & SAUGY, 1987). Por exemplo, em abetos (*Pinaceae*), 12% dos calos com embriões formaram plantas quando transferidos para o meio MS, contendo 5,0  $\mu\text{M}$  de 2,4-D e 5,0  $\mu\text{M}$  de cinetina (HAKMAN & ARNOLD, 1985). Em mandioca, o cultivo de embriões somáticos com 4mm de comprimento, em meio MS suplementado com 0,44  $\mu\text{M}$  de BAP e 0,04  $\mu\text{M}$  de 2,4-D, favoreceu a formação rápida de raízes e de partes aéreas (STAMP & HENSHAW, 1982).

Cerca de 60% dos embriões cotiledonares, colocados nos meios em estudo, não se desenvolveram bem, formando plântulas muito pequenas, com baixo desenvolvimento da parte aérea (dados não mostrados). Esses resultados se aproximam dos de Ducos et al. (2007), os quais obtiveram uma taxa de conversão de embriões somáticos de café robusta (*Coffea. Canephora* L.) em plantas estimada em 46%, após a germinação completa em casa de vegetação. Da mesma forma, Barrueto Cid & Cruz (2002), ao transferirem embriões somáticos de *C. arabica* cv. Rubi, Catuaí Vermelho 81 e Iapar 59 para o meio SP, de germinação e crescimento, observaram a ausência de desenvolvimento de raiz ou parte aérea. Esses embriões foram caracterizados como anormais, ocorrendo em, aproximadamente, 33% dos casos.

A adição de IBA e de BAP, isoladamente, ou em conjunto, não aumentou a formação de plântulas normais. Na ausência do BAP, houve desenvolvimento de 44,84% de plântulas normais e, na presença desse regulador, essa

**TABELA 2** – Valores médios de porcentagem de plantas de *C. arabica* com raízes, cultivadas *in vitro* em meio PRM, acrescido de reguladores de crescimento.

IBA (1,47 $\mu\text{M}$ )	BAP (1,33 $\mu\text{M}$ ) <sup>1</sup>	
	Presença	Ausência
Presença	0,00 b B	39,44 a A
Ausência	42,69 a A	54,64 a A

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

porcentagem foi de 36,50%. Essa porcentagem foi bastante semelhante quando considerados os níveis de IBA (40,53% e 40,81% de plântulas normais na presença e na ausência do regulador, respectivamente) (Tabela 3). Dessa forma, justifica-se a utilização do meio de cultura sem a adição desses reguladores, com o objetivo de redução dos custos.

Esses resultados estão de acordo com outros autores. Flôres (2007) trabalhando com açaíta-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) somente observaram enraizamento *in vitro* na ausência de citocinina. Kielse et al. (2009), trabalhando com Regeneração *in vitro* de

*Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan, observaram que não é necessária a adição de citocinina para a indução de brotos. Da mesma forma, Nascimento et al. (2008), em segmentos caulinares de uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess) cultivados *in vitro* com diferentes concentrações de BAP, registrou que a utilização dessa citocinina não apresentou efeito nos explantes.

Vale ressaltar que as plântulas normais obtidas no presente trabalho foram transferidas para casa de vegetação, apresentando desenvolvimento normal e fenótipo idêntico ao de plantas originadas por sementes (Figura 3).

**TABELA 3** – Valores médios da porcentagem de plântulas normais de *C. arabica* cultivadas *in vitro* em meio PRM, segundo os níveis de BAP e IBA.

Reguladores	BAP (1,33µM)	IBA (1,47µM)
Presença	36,50%	40,53%
Ausência	44,84%	40,81%



**FIGURA 3** – Plântulas somáticas aclimatizadas ao final do experimento.

## CONCLUSÕES

No protocolo empregado não há necessidade da adição de IBA e BAP para a conversão de embriões somáticos cotiledonares em plântulas de *C. arabica*.

## AGRADECIMENTO

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro ao projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. M. da C. O.; PASQUAL, M.; MACIEL, A. L. de R.; PEREIRA, A. B.; CAVALCANTE-ALVES, J. M. Cultura *in vitro* de embriões de *Coffea arabica*: influência de NAA e BAP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p.1063-1070, set./out. 2001.
- BARRUETO CID, L. P.; CRUZ, A. R. R. Embriogênese somática em *Coffea arabica* a partir de explantes foliares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória, ES: Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café, 2001. p. 349-355. CD-ROM.
- BARRY-ETIENNE, D.; BERTRAND, B.; VASQUEZ, N.; ETIENNE, H. Direct sowing of *Coffea arabica* somatic embryos mass produced in a bioreactor and regeneration of plants. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 19, p. 111-117, 1999.
- BOXTEL, J. van; BERTHOULY, M. High frequency somatic embryogenesis in *Coffea canephora*. Induction conditions and histological evolution. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Hague, v. 44, p. 169-176, 1996.
- CARVALHO, G. R.; PIO, R.; PASQUAL, M.; CARVALHO, G. R.; SCARANTE, M. J. Efeitos do ácido giberélico e benzilaminopurina no desenvolvimento de plântulas de cafeeiro *in vitro*. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 5, p. 185-187, 1999.
- CASTRO, P. R. de C.; PITELLI A. M. de C. M.; PERES L.E. P.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiامتoxam através de biotestes. **Ciências Exatas Terra, Ciências Agrônômicas e Engenharia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 25-29, dez. 2007.
- DRIVER, J. A.; KUNIYUKI, A. H. *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 4, p. 507-509, 1984.
- DUCOS, J. P.; LABBE, G.; LAMBOT, C.; PETIARD, V. Pilot scale process for the production of pre-germinated somatic embryos of selected robusta (*Coffea canephora*) clones. **In vitro Cellular and Developmental Biology**, St. Louis, v. 43, n. 6, 2007.
- FLÔRES, A. **Introdução ao cultivo *in vitro* de açaíta-cavalo (*Luehea divaricata* Martius et Zuccarini)**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2007.
- GEORGE, E. F.; SHERRINGTON, P. D. **Plant propagation by tissue culture**; handbook and directory of commercial laboratories. Great Britain: British Library, 1984. 709p.
- GUERRA, M. P.; TORRES, A. C.; TEIXEIRA, J. B. Embriogênese somática e sementes sintéticas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI/ EMBRAPA-CNPq, 1998. p.533-568.
- HAKMAN, I.; ARNOLD, S. V. Plantlet regeneration through somatic embryogenesis in *Picea abies* (Norway spruce). **Journal of Plant Physiology**, v. 121, p. 149-158, 1985.
- HEMERLY, A. S.; FERREIRA, P.; ENGLER, J. A.; VAN MONTAGU, M.; ENGLER, G.; INZE, D. cdc2a expression in *Arabidopsis* is linked with competence for cell division. **The Plant Cell**, v.5, p.1711-1723, 1993.
- HU, C. Y.; FERREIRA, A. G. Cultura de embriões. . In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J.A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI/ EMBRAPA-CNPq, 1998. p.71-83.
- JELENSKA, J.; DECKERT, J.; KONDOROSI, E.; LEGOCKI, A. B. Mitotic B-type cyclins are differentially regulated by phytohormones and during yellow lupine nodule development. **Plant Science**, v.150, p.29-39, 2000.
- KIELSE, P.; FRANCO, E. T. H.; PARANHOS, J. T.; LIMA, A. P. S. de. Regeneração *in vitro* de *Parapiptadenia rígida*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, jul, 2009.
- LANE, W. D.; Mc DOUGALD, J. M. Shoot tissue culture of apple: comparative response of five cultivars to cytokinin and auxin. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 62, p. 689-694, 1982.

- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, n. 15, p. 473-497, 1962.
- NASCIMENTO, A. C.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; PORTO, J. M. P.; NOGUEIRA, G. F.; SOARES, F. P. BAP e AIB no cultivo *in vitro* de *Eugenia pyriformes* Cambess, **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 223-228, abr./jun. 2008.
- NEUENSCHWANDER, B.; BAUMANN, T. W. A novel type of somatic embryogenesis in *Coffea arabica*. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.10, n.608-612, 1992.
- NEWCOMB, W.; WETHERELL, D. F. The effects of 2,4,6-trichlorophenoxyacetic acid on embryogenesis in wild carrot tissue cultures. **Botanical Gazette**, v. 131, p. 242-245, 1970.
- PEREIRA, A. R. **Embriogênese somática direta em *Coffea arabica* L. Acaia Cerrado**. 2005. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.
- PEREIRA, A. R.; CARVALHO, S. P. de; PASQUAL M.; SANTOS, F. C. **Embriogênese somática direta em explantes foliares de *Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado: efeito de cinetina e ácido giberélico**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 2, p. 332-336, 2007.
- PILET, P. E.; SAUGY, M. Effect on root of endogenous and applied IAA and ABA. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 83, p. 33-38, 1987.
- QUIROZ-FIGUEROA, F. R.; FUENTES-CERDA, C. F. J.; ROJAS-HERRERA, R.; LOYOLA-VARGAS, V. M. Histological studies on the developmental stages and differentiation of two different somatic embryogenesis systems of *Coffea arabica*. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.20, p.1141-1149, 2002.
- RAGHAVAN, V.; SRIVASTAVA, P. S. Embryo culture. In: JOHRI, B.M. (Ed.). **Experimental embryology of vascular plants**. Berlin: Springer Verlag, 1982. p. 195-230.
- RAGHAVAN, V.; TORREY, J. G. Inorganic nitrogen nutrition of the seedlings of the orchid, *Cattleya*. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 51, n. 3, p. 264-274, Mar. 1964.
- SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**: procedures guide: version 6. Cary: 1990. 705p.
- SKOOG, F.; MILLER, C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. **Symposium for the Society Experimental Biology**, Cambridge, v. 11, p. 118-131, 1957.
- STAMP, J. A., HENSHAW, G. G. Somatic embryogenesis in cassava. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, Stuttgart, v. 105, p. 183-187, 1982.
- STARITSKY, G. Embryoid formation in callus tissues of coffee. **Acta Botanica Neerlandica**, Amsterdam, v.19, p. 509-514, 1970.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TEIXEIRA, J. B.; JUNQUEIRA, C. S.; PEREIRA, A. J. P. DA C.; MELLO, R. I. S. de; SILVA, A. P. D. da; MUNDIM, D. A. **Multiplicação clonal de café (*Coffea arabica* L) via embriogênese somática**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 39p.
- ZAMARRIPA, A.; DUCOS, J. P.; TESSERAU, H.; BOLLON, H.; ESKES, A.; PÉTIARD, V. Développement d'un procédé de multiplication en masse du caféier par embryogénese somatique en milieu liquide. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 14., 1991, San Francisco. **Proceedings...** San Francisco: ASIC, 1991. p. 392-402.
- ZOK, S.; DUBLIN, P. Multiplication végétative *in vitro* par culture d'apex chez *Coffea arabica* L. Action de solutions minerales et de regulateurs de croissance. **Café, Cacao, Thé**, Paris, v. 35, n. 4, p. 245-256, 1991.