

A PRODUÇÃO DE EMBRIÕES BOVINOS NO BRASIL: UMA NOVA REALIDADE

Viana, J.H.M.; Camargo, L.S.A.

Embrapa Gado de Leite, Rua Eugenio do Nascimento 610, Juiz de Fora, MG, 36038-330, Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, jhmviaana@cnppl.embrapa.br

Resumo

A transferência de embriões bovinos (TE) no Brasil foi iniciada na década de 70, primeiramente utilizando-se embriões importados e, posteriormente, coletados no país. A atividade desenvolveu-se gradualmente, assumindo grande importância econômica. Nos últimos seis anos, a incorporação da tecnologia de produção de embriões em laboratório, conhecida por fertilização *in vitro* (FIV) ou produção *in vitro* de embriões (PIVE) revolucionou o mercado da TE no Brasil. A produção de embriões cresceu significativamente, e o país tornou-se o maior produtor mundial de embriões bovinos, respondendo por aproximadamente ¼ do total de transferências realizadas no mundo. A atividade concentrou-se em raças zebuínas e de corte, com as transferências realizadas preferencialmente a fresco. Após um período de crescimento paralelo, a FIV passou a ocupar o espaço anteriormente dominado pela TE convencional. Dentre os fatores determinantes para esta mudança estão características particulares do mercado pecuário nacional e da fisiologia reprodutiva das raças zebuínas, o que determinou uma situação de contraste com o cenário mundial. O uso de biotecnologias reprodutivas está consolidado no Brasil, e deverá ser de grande importância para o mercado nacional de germoplasma bovino. **Palavras-chave:** Transferência de embriões, fertilização *in vitro*, estatística, bovinos, Brasil

Introdução

A transferência de embriões (TE) no Brasil teve início na década de 70, quando foram registrados o primeiro nascimento de um produto gerado por transferência de embrião congelado importado e, pouco depois, o primeiro nascimento a partir de embrião coletado e transferido no país. A atividade apresenta, portanto, quase 30 anos de história no país, conforme documentado por ocasião da Reunião comemorativa do 20º aniversário da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões (Rubin, 2005). Neste período, ocorreram profundas modificações na atividade, quer sejam tecnológicas, conceituais, de abrangência ou de impacto econômico para a pecuária. Novas biotecnologias foram desenvolvidas e incorporadas, ampliando o conceito da TE (inicialmente restrito a produção de embriões por superovulação convencional, ou *in vivo*), e resultando na mudança do termo “transferência” por “tecnologia” no nome da SBTE. O paradigma de atividade elitista e desconectada da realidade da pecuária foi substituído pelo de ferramenta amplamente demandada pelo setor produtivo e hoje indispensável aos programas de melhoramento animal. De importador de tecnologia, o Brasil tornou-se referência mundial na área. Mas nenhum outro exemplo retrata melhor esta revolução do que a expansão na produção *in vitro* de embriões e a mudança decorrente no mercado observada nos últimos anos.

No ano de 2000 o Brasil já tinha uma participação expressiva na produção mundial de embriões. Com 69.400 transferências comunicadas, o país respondia por 13,13% do total de transferências no mundo e 82,11% das realizadas na América Latina, sendo individualmente e fora do eixo EUA-Canadá o país com maior produção de embriões bovinos (Thibier, 2001). Em 2000, contudo, um fato foi particularmente relevante: foi o primeiro ano em que o Brasil comunicou um número expressivo (12.597) de transferências de embriões produzidos por fertilização *in vitro* (FIV). Este ano marca o início do sucesso comercial da técnica no país, cuja aplicação era, até então, basicamente restrita ao meio acadêmico. A fertilização *in vitro* já era, naquele momento, uma técnica conhecida e aplicada em animais de produção - o primeiro nascimento de um bovino gerado por FIV ocorreu em 1981 (Brackett et al., 1982), ou seja, quase 20 anos antes. Mas a combinação do estado da arte da produção *in vitro* de embriões (considerando-se os diversos procedimentos envolvidos, da maturação às etapas finais do cultivo) com as condições de mercado restringia a aplicação comercial da FIV nas décadas de 80 e 90. Um marco na mudança deste cenário foi o desenvolvimento da técnica de aspiração folicular orientada por ultra-som (OPU), imprescindível para viabilizar a recuperação de oócitos de doadoras vivas, e que só ocorreu no final da década de 80 (Pieterse et al., 1988). Seu uso, contudo, foi inicialmente focado em animais com problemas adquiridos de fertilidade (Looney et al., 1994), sendo a OPU só posteriormente vista como ferramenta de rotina na PIV (Galli et al., 2001).

A evolução da FIV no período 2000 - 2003

A partir do ano 2000 observou-se um contínuo e expressivo aumento na produção *in vitro* de embriões no Brasil (Tabela 1). Este aumento foi, inicialmente, associado ao aumento da atividade de produção de embriões como um todo, uma vez que a chamada “TE convencional” também estava em expansão. Dentre os fatores que contribuíram para este cenário, destaca-se a situação do agronegócio da carne. Com mais de 180 milhões de cabeças e apenas 7% a 8% do rebanho inseminado (Nehmi, 2004), havia uma demanda de touros para monta natural estimada em mais de 1 milhão de animais no Brasil. A possibilidade de multiplicação dos genótipos superiores pela produção de embriões alavancou o mercado de genética zebuína de elite e, paralelamente, viabilizou a disseminação destes genótipos nos rebanhos comerciais, cuja necessidade de ganhos em produtividade vinha aumentando em função da relação desfavorável entre preços dos insumos e valor de mercado da arroba. O mercado de transferência de embriões, surgido inicialmente em raças taurinas e leiteiras (Rubin, 2005), tornou-se

preponderantemente voltado para as raças de corte e zebuínas, com o Nelore respondendo por mais de 70% do total de transferências em 2003 (ABCZ, 2004).

Tabela 1: Transferência de embriões produzidos por superovulação convencional (TE) e fertilização *in vitro* (FIV) no Brasil, no período de 2000 a 2006

Técnica	Ano							Variação
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
FIV	12.597	401	48.387	63.064	80.833	128.914	196.663	↑ 1.561%
TE	38.595	46.301	79.295	111.424	102.100	107.717	69.886	↑ 181%
Total	51.192	46.702	127.682	174.488	182.933	236.631	266.549	↑ 521%

A posição do Brasil no mercado mundial de embriões bovinos

O aumento da produção *in vitro* e *in vivo* no Brasil contrasta com o cenário mundial atual, no qual países ou regiões que tinham participação expressiva no mercado apresentaram estagnação ou retração na atividade. Os números divulgados pela Sociedade Internacional de Transferência de Embriões (IETS) mostram que a única região em que a TE apresentou evolução semelhante a do Brasil foi a Ásia, particularmente na República Popular da China (Thibier, 2006). Nesta, contudo, o panorama é muito diferente do Brasil, com uso predominante de embriões congelados e importados e, no caso da FIV, de oócitos provenientes de ovários recuperados em matadouros. Na Europa e nos EUA a produção *in vitro* de embriões bovinos correspondeu, em 2005, a apenas 2,18 e 0,5% do total mundial, respectivamente. Com isso o Brasil foi responsável, nos últimos quatro anos, por aproximadamente 25% da produção total e 50% da produção por FIV de embriões bovinos no mundo (Tabela 2). A retração da FIV na Europa e EUA parece ser resultante de uma combinação de fatores, que incluem os resultados limitados da técnica em raças taurinas, problemas sanitários como os surtos de aftosa e BSE, redução na exportação de germoplasma bovino e, particularmente na Europa, do menor interesse em aumentos de produtividade dos rebanhos.

Tabela 2: Participação do Brasil no total de embriões transferidos no mundo

Ano base	<i>In vivo</i> (TE)		<i>In vitro</i> (FIV)		Total	
	Brasil	% Mundo	Brasil	% Mundo	Brasil	% Mundo
2005	107.717	17,60%	128.914	48,46%	236.631	26,90%
2004	102.100	18,60%	80.833	33,70%	182.933	23,20%
2003	87.732	16,22%	63.164	59,50%	150.896	23,30%
2002	110.376	20,50%	48.670	58,40%	159.046	25,60%
2001	46.301	10,20%	401	1,30%	46.702	9,70%

A inversão na relação produção *in vivo* vs. *in vitro* de embriões após 2003

A partir de 2003, observa-se uma mudança no mercado nacional de embriões (Figura 1), caracterizada pela retração na produção de embriões por superovulação convencional e substituição desta pela produção *in vitro*, que passa a responder, a partir de 2005, pela maior parte da produção nacional (Viana, 2006). Ainda que razões de mercado, como a crise no setor pecuário em 2004-2005, possam ter contribuído para esta mudança, tornou-se evidente o sucesso da produção *in vitro* de embriões nas condições nacionais. Fatores como o número de animais envolvidos, a fertilidade dos rebanhos, a disponibilidade de receptoras para transferência a fresco, o valor dos animais de elite, o interesse nos produtos de ambos os sexos, a presença de um mercado já estabelecido de fornecedores de meios e materiais de consumo e de uma boa aceitação de novas biotécnicas pelo setor produtivo foram determinantes para a viabilização da FIV em escala comercial. Também foi relevante a existência de um corpo técnico qualificado e experiente, conforme demonstrado pelo próprio crescimento da SBTE e de sua produção técnico-científica. Em 2005, a produção *in vitro* de embriões (incluindo OPU, maturação, fertilização e cultivo embrionários) foi o principal tema dos trabalhos apresentados na forma de resumo na reunião anual da SBTE, correspondendo a 31,54% do total (Viana, 2005).

Um fator que merece destaque, contudo, são as diferenças observadas em diversos parâmetros da fisiologia ovariana em zebuínas, como no número de ondas de crescimento, momento da divergência, tamanho máximo, persistência dos folículos dominantes, perfil de recrutamento folicular, etc. (Rhodes et al., 1995; Figueiredo et al., 1997; Viana et al., 2000; Sartorelli et al., 2005). Estas características parecem estar associadas a grande variação na resposta ao tratamento superovulatório convencional em zebuínas (Baruselli et al., 2006), mas também determinam um maior número de folículos em crescimento disponíveis nos ovários e, conseqüentemente, no maior número de COCs recuperados (Viana et al., 2004), quando comparado com os resultados obtidos com raças européias (Wagtendonk-de Leeuw, 2005). Considerando-se que as taxas de fertilização, clivagem, produção de blastocistos e gestações são relativamente similares entre laboratórios em todo o mundo, diferenças no número de COCs obtidos de cada doadora podem ser determinantes para a viabilidade ou não da FIV. A repetibilidade no recrutamento folicular (Boni et al., 1997) e a logística mais simples na recuperação dos oócitos, quando comparada com a TE, também contribuíram para tornar a FIV mais competitiva.

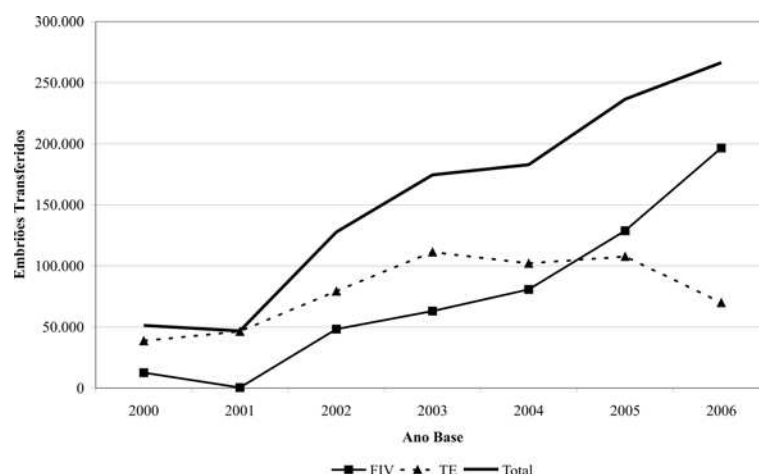


Figura 1: Transferências de embriões produzidos por superovulação convencional (TE) ou fertilização *in vitro* (FIV) no período 2000 - 2006 no Brasil.

O cenário atual

As tendências observadas em 2004 e 2005 foram consolidadas em 2006, com a FIV atingindo a expressiva marca de 73,8% das transferências comunicadas. Com o total de transferências registradas (266.549), o Brasil deverá manter sua posição de líder mundial na produção de embriões bovinos. A expansão da FIV determinou ou acentuou algumas características do mercado nacional de TE, como a predominância de raças zebrúinas de corte, relacionadas a mais de 90% das transferências em 2006 (Tabela 3). O menor percentual de transferências em raças taurinas também reflete a redução no uso de embriões importados, que chegou a representar 15,3% das transferências de embriões congelados e 3,6% do total em 1996, e foi reduzido hoje a um percentual inexpressivo.

Outra característica do mercado atual é o predomínio das transferências realizadas “a fresco” (Tabela 4), tanto na TE convencional (>80%) quanto na FIV (>95%), resultante principalmente dos resultados insatisfatórios obtidos com a congelação de embriões zebrúinos e produzidos *in vitro*. A predominância da transferência a fresco, por sua vez, alavancou o mercado de receptoras, incluindo o fornecimento e/ou hospedagem de animais, sincronização de cios e posterior diagnóstico de gestação e determinação de sexo fetal.

O mercado de trabalho associado à transferência de embriões acompanhou as mudanças decorrentes do avanço da FIV. Observou-se uma maior segmentação da atividade, com a terceirização dos procedimentos de aspiração folicular e transferência propriamente dita, antes fornecidos pelos laboratórios, e que foram frequentemente incorporados a rotina dos profissionais antes dedicados exclusivamente a TE convencional. A concentração de ações característica da produção *in vivo* de embriões foi substituída pela associação de diversos profissionais em um mesmo processo, com maior grau de especialização em cada atividade.

Tabela 3: Transferências de embriões produzidos por superovulação convencional (TE) ou fertilização *in vitro* (FIV) e realizadas no Brasil em 2006, estratificadas por grupamento racial.

Grupamento racial	TE	FIV	Total
Zebuínos leiteiros	6.037	13.182	
Taurínos leiteiros	2.615	0	
Subtotal	8.652	13.182	21.834 (8,19%)
Zebuínos de corte	59.568	183.481	
Taurínos de corte	1.666	0	
Subtotal	61.234	183.481	244.715 (91,81%)
Total	69.886 (26,22%)	196.663 (73,78%)	266.549

Tabela 4: Produção, transferências a fresco e criopreservação de embriões bovinos em 2006

	TE			FIV		
	Coletados	Transferidos	Congelados	Produzidos	Transferidos	Congelados
Leite	12.052	8.652	2.600 (23,1%)	14.290	13.182	1.016 (7,2%)
Corte	69.062	61.234	6.954 (10,2%)	190.043	183.481	6.562 (3,5%)
Total	81.114	69.886	9.554 (12,0%)	204.333	196.663	7.578 (3,7%)

A produção de embriões em raças leiteiras

A produção de embriões de raças leiteiras por TE convencional flutuou nos últimos 10 anos, sem apresentar variações numéricas mais expressivas (Tabela 5). Considerando-se o aumento na atividade como um todo, contudo, a participação das raças leiteiras reduziu, caindo de 36,9% em 2000 para menos de 4% em 2004, apresentando contudo tendência de alta a partir de 2005. A participação de raças leiteiras no mercado de FIV, pouco expressiva

até então, apresentou um aumento consistente nas raças zebuínas a partir de 2005, superando a TE convencional em 2006 (Tabela 3). O uso da tecnologia de embriões na pecuária leiteira era limitado pela baixa escala, decorrente do menor tamanho médio dos rebanhos, pela menor fertilidade inerente a animais em lactação, pela proporção desfavorável na relação macho/fêmea dos produtos, e pelo próprio cenário desfavorável do negócio. O aumento observado nos últimos dois anos demonstra uma recuperação da atividade, associada a um cenário de maior competição no mercado de raças de corte e ao possível aproveitamento da capacidade instalada dos laboratórios. A disponibilidade de estrutura física e operacional cria a oportunidade do uso da FIV em raças e/ou cruzamentos com menor valor de mercado e, inicialmente, menos atrativas. Em 2006, por exemplo, foram comunicadas 2.580 transferências de embriões produzidos por TE convencional e 3.200 pela FIV na raça Girolando. Outro fator de grande impacto neste cenário foi a introdução do sêmen sexado nas rotinas de TE e, principalmente, FIV (Dell'Aqua Jr. et al., 2006). Os baixos resultados obtidos com embriões produzidos *in vitro* e criopreservados, contudo, continuam sendo um obstáculo importante para a expansão da FIV em raças leiteira, uma vez que nestas a demanda pelo uso de embriões congelados é maior (Tabela 4).

Tabela 5: Participação das raças leiteiras no total de transferências de embriões produzidos por superovulação convencional no período 1997-2006

	Ano									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total	13.724	43.245	74.067	38.595	46.301	79.295	111.424	102.100	107.717	69.886
Corte	12.631	28.423	59.137	24.363	*	68.363	105.364	98.117	101.986	61.234
Leite	1.093	14.822	14.930	14.232	*	10.932	6.060	3.983	5.731	8.652
(% total)	7,96%	34,27%	20,16%	36,88%		13,79%	5,44%	3,90%	5,32%	12,38%

* Dados perdidos

Considerações finais

Ainda que seja difícil prever todos os desdobramentos possíveis do cenário atual da TE no Brasil, algumas tendências parecem bem estabelecidas. A FIV consagrou-se como opção para multiplicação de animais de interesse econômico. Em função de sua grande capacidade de produção, uma vez atendida a demanda interna a FIV deverá voltar-se ainda mais para o mercado externo, particularmente pela posição do país como referência em genética bovina adaptada aos trópicos, o que exigirá um grande esforço de pesquisa para superar algumas limitações ainda inerentes à técnica, principalmente na questão da criopreservação. Por outro lado, esta tecnologia vem sendo gradativamente estendida a outras espécies de interesse, como eqüinos e pequenos ruminantes. O mercado de trabalho relacionado poderá ser ampliado, inclusive pela exportação de tecnologia e serviços exigindo, contudo, uma especialização e capacitação cada vez maior dos profissionais. A TE convencional por sua vez continuará sendo importante, porém sendo utilizada em nichos mais específicos do mercado. Por fim, é importante ressaltar que a FIV foi um exemplo de avanço na biotecnologia rapidamente incorporado ao setor produtivo e que resultou em avanços significativos para a pecuária nacional, demonstrando a importância do investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Agradecimentos

Os autores agradecem às organizações pela contribuição no fornecimento dos dados apresentados: Comitê de Estatística da SBTE, Associação Brasileira de Criadores de Zebu, Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, Associação Brasileira de Criadores de Gado Pardo-Suíço, Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, Associação Brasileira de Criadores de Marchigiana, Associação Brasileira de Criadores - Herd Book Collares, Associação Brasileira dos Criadores de Simental e Simbrasil.

Referências

- Baruselli, P.S.; As filho, M.F.; Martins, C.M.; Nasser, L.F.; Nogueira, M.F.; Barros, C.M.; Bo, G. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 65, p. 77-88, 2006.
- Brackett, B.G.; Bousquet, D.; Boice, M.L.; Donawick, W.J.; Evans, J.F.; Dressel, M.A. Normal development following *in vitro* fertilization in the cow. **Biology of Reproduction**, v.27, p.147-158, 1982.
- Boni, R.; Roelofsen, M.W.M.; Pieterse, M.C.; Kogut, J.; Kruij, T.A.M. Follicular dynamics, repeatability and predictability of follicular recruitment in cows undergoing repeated follicular puncture. **Theriogenology**, v.48, p.277-289, 1997.
- Dell'Aqua Jr., J.A.; Papa, F.O.; Araújo, J.P.; Freitas, C.P.; Ponchirolli, C.B.; Figueiredo, A.S.; Melo, C.M.; Alberti, K.; Crespilho, A.M.; Siqueira Filho, E.R.; Orlandi, C. Aplicação do sêmen sexado na produção de embriões. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 34, p. 205-212, 2006.
- Figueiredo, R.A.; Barros, C.M.; Pinheiro, O.L.; Soler, J.M.P. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. **Theriogenology**, v.47, p.1489-1505, 1997.
- Galli, C.; Crotti, G.; Notari, C.; Turini, P.; Duchi, R.; Lazzari, G. Embryo production by ovum pick up from live donors. **Theriogenology**, v.55, p.1341-1357, 2001.
- Looney, C.R.; Lindsey, B.R.; Gonseth, C.L.; Johnson, D.L. Commercial aspects of oocyte retrieval and *in vitro* fertilization (IVF) for embryo production in problem cows. **Theriogenology**, v.41, p.67-72, 1994.

- Nehmi, I.M.D. **Anualpec 2004** : Anuário da pecuária brasileira. São Paulo. Instituto FNP, 2004. 376p.
- Pieterse, M.C.; Kappen, K.A.; Kruij, T.A.M.; Taverne, M.A.M. Aspiration of bovine oocytes during transvaginal ultrasound scanning of the ovaries. **Theriogenology**, v.30, p.751-762, 1988.
- Rhodes, F.M.; Fitzpatrick, L.A.; Entwistle, K.W.; De'ath, G. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.104, n.1, p.41-49, 1995.
- Rubin, M.I.B. Histórico dos 20 anos da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões (1985-2005). **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 33, p. 35-54, 2005.
- Sartorelli, E.S.; Carvalho, L.M.; Bergfelt, D.R.; Ginther, O.J.; Barros, C.M. Morphological characterization of follicle deviation in Nelore (*Bos indicus*) heifers and cows. **Theriogenology**, v. 63, p. 2382-2394, 2005.
- Thibier, M. The animal embryo transfer industry in figures: A report from the IETS Data Retrieval Committee. **Embryo Transfer Newsletter**, n. 19, p. 16-22, 2001.
- Thibier, M. Transfers of both in vivo derived and in vitro produced embryos in cattle still on the rise and contrasted trends in other species in 2005. **Embryo Transfer Newsletter**, n. 24, p. 12-18, 2006.
- Viana, J.H.M. XIX Reunião Anual da SBTE: Resumos publicados. **Jornal O Embrião**, n. 24, p. 8, Jul-Set, 2005.
- Viana, J.H.M. Cenário atual da Transferência de embriões produzidos *in vivo e in vitro* no Brasil e no Mundo. **Jornal O Embrião**, n. 29, p.4-7, Out-Dez, 2006.
- Viana, J.H.M., Ferreira, A.M., Sá, W.F., Camargo, L.S.A. Follicular dynamics in Zebu cattle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2501-2509, 2000.
- Viana, J.H.M.; Camargo, L.S.A.; Ferreira, A.M.; Sá, W.F.; Fernandes, C.A.C.; Marques Junior, A.P. Short intervals between ultrasonographically guided follicle aspiration improve oocyte quality but do not prevent establishment of dominant follicles in the Gir breed (*Bos indicus*) of cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 84, p. 1-12, 2004.
- Wagtendonk-de Leeuw, A.M. Ovum-pick up and in vitro production in the bovine after use in several generations: a 2005 status. **Theriogenology**, v. 65, p. 914-925, 2006.
- www.abcz.org.br. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). 2004

BOVINE EMBRYO PRODUCTION IN BRAZIL: A NEW SCENARIO

Viana, J.H.M.; Camargo, L.S.A.

Embrapa Gado de Leite, Rua Eugenio do Nascimento 610, Juiz de Fora, MG, 36038-330, Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, jhmviaa@cnppl.embrapa.br

Abstract

Bovine embryo transfer in Brazil begun in the 70'ies, first using embryos imported and latter collected in the country. The activity developed gradually, gaining an increasing economic importance. In the last six years, the incorporation of the laboratory embryo production technology, known as *in vitro* fertilization (IVF) or *in vitro* embryo production (IVEP) made a revolution in the ET market in Brazil. Embryo production increased significantly and the country becomes the largest bovine embryo producer in the world, reaching approximately to ¼ of the total of transfer performed. The activity focused in zebu and beef breeds, with embryos transferred mainly without cryopreservation. After a period of growth in both techniques, the IVF started to dominate the conventional ET market. Among factors which allowed this change are some particular characteristics of the Brazilian beef market and of the zebu breeds reproductive physiology, creating a contrasting situation with the world scenario. The use of reproductive biotechnologies is well established in Brazil, and will be of great importance for the national bovine germoplasm market. **Key-words:** Embryo transfer, *in vitro* fertilization, statistics, bovine, Brazil

Introduction

Bovine embryo transfer (ET) in Brazil begun in the 70'ies, when the first births of calves generated from frozen imported embryos and, soon latter, from embryos collected and transferred in the country were registered. The ET industry shows, therefore, almost 30 years in Brazil, as reported in the Celebrating Meeting of the 20 years of the Brazilian Embryo Transfer Society (Rubin, 2005). In this period, significant changes occurred in the activity, including technological, conceptual or of economic impact for cattle industry. New biotechnologies were developed and incorporated, extending the significance of ET (initially restricted to embryo production by conventional superovulation, or *in vivo*), and resulting in the change of the word "transfer" to "technology" in the SBTE name. The paradigm of an activity elitist and unplugged from cattle industry reality was changed to a highly demanded tool by the productive sector, and essential for bovine genetic improvement programs. From technology importer, Brazil becomes a world reference in this area. But there is no better example of this revolution than the increase of *in vitro* embryo production and the subsequent change in the market observed in the last few years.

By 2000 Brazil already has an expressive participation in bovine world embryo production. With 69.400 transfers communicated, the country was responsible for 13.13% of all transfers and to 82.11% of those performed in South America, being individually and outside the axis USA-Canada the country with the greater bovine embryo production (Thibier, 2001). In 2000, however, there was a particularly relevant fact: it was the first year in which Brazil communicated an expressive number (12.597) of transfers of embryos produced by *in vitro* fertilization (IVF). This year marks the beginning of the commercial success of this technique in the country, in which the use of IVF was until then restricted to academic area. *In vitro* fertilization was, at that time, an already known and applied to farm animals technique – the first birth of a calf generated by IVF occurred in 1981 (Brackett et al., 1982), almost 20 years before. But the association of the state of the art of *in vitro* embryo production (including all procedures, from maturation to the final steps of culture) with market conditions, restricted commercial application of IVF in the decades of 80 and 90. One of the breakpoints of this scenario was the development of ovum pick-up technique (OPU), necessary to make oocyte recover from live donors viable, and which only occurred in the last 80'ies (Pieterse et al., 1988). This technique, however, was initially focused in cows with acquired fertility problems (Looney et al., 1994), and only latter seen as an IVF routine tool (Galli et al., 2001).

The evolution of the IVF in the period 2000 - 2003

Since 2000 a continuous and expressive increase on *in vitro* embryo production was observed in Brazil (Table 1). This increase was, initially, associated with an increase in the whole embryo activity, once the conventional ET was also expanding. Among the facts which contributed to this scenario, one of the most important was the beef market situation. With more than 180 million animals and only 7% to 8% of the herd inseminated (Nehmi, 2004), there was a demand of bull for natural mating estimated in more than one million animals in Brazil. The possibility of multiply selected genotypes by embryo production benefited the zebu elite genetic market and, at the same time, made viable the dissemination of these animals in commercial herds, in which the necessity of productivity gains was pushed by the bad relationship between supplies needed and meat prices. The ET market, emerged in dairy and European breeds (Rubin, 2005), moved to beef and zebu breeds, with Nelore being responsible for more than 70% of the transfers in 2003 (ABCZ, 2004).

Table 1: Transfer of embryos produced by conventional superovulation (ET) and *in vitro* fertilization (IVF) in Brazil, in the period of 2000 to 2006

Technique	Year							Variation
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
IVF	12,597	401	48,387	63,064	80,833	128,914	196,663	↑ 1,561%
ET	38,595	46,301	79,295	111,424	102,100	107,717	69,886	↑ 181%
Total	51,192	46,702	127,682	174,488	182,933	236,631	266,549	↑ 521%

The Brazilian situation in the world bovine embryo market

The increase of *in vitro* and *in vivo* embryo production in Brazil contrast with actual world scenario, in which countries or regions with expressive participation in the market in the past now show stagnation or even retraction in the activity. The number presented by the International Embryo Transfer Society (IETS) show that the unique region in which the ET industry had a similar trend to Brazil was Asia, mainly the Popular Republic of China (Thibier, 2006). In this country, however, the context is far different from Brazil, with the transfer of imported frozen embryos and, in the IVF, of oocytes recovered from slaughterhouse ovaries. In the Europe and USA the *in vitro* embryo production represented, in 2005, to only 2.18 and 0.5% of world total, respectively. Consequently Brazil was responsible, in the last four years, to approximately 25% of total embryo transfers and to half of IVF bovine embryos produced in the world (Table 2). The retraction in IVF industry in Europe and USA seems to be consequence of a number of reasons which include the low results of the technique in *Bos taurus*, sanitary problems such as foot and mouth disease and BSE, reduction in exports of bovine germoplasm and, mainly in Europe, in the lower interest in productivity gains in the herds.

Table 2: Participation of Brazil in the world embryo transfer activity

Year	<i>In vivo</i> (TE)		<i>In vitro</i> (IVF)		Total	
	Brazil	% World	Brazil	% World	Brazil	% World
2005	107,717	17.6%	128,914	48.46%	236,631	26.9%
2004	102,100	18.6%	80,833	33.7%	182,933	23.2%
2003	87,732	16.22%	63,164	59.5%	150,896	23.3%
2002	110,376	20.5%	48,670	58.4%	159,046	25.6%
2001	46,301	10.2%	401	1.3%	46,702	9.7%

The inversion in the proportion of *in vivo* and *in vitro* produced embryos after 2003

After 2003, a change in the national embryo market is observed (Figure 1), characterized by the retraction in embryo production by conventional superovulation and replacement by *in vitro* embryo production, which is responsible, since 2005, for the greater part of the transfers (Viana, 2006). Despite some economic reasons, such as the cattle industry crisis of 2004-2005, may have contributed to this change, the success of *in vitro* embryo production in Brazilian conditions is evident. Factors like the large size and high fertility of the herds, availability of recipients for fresh transfer, the market value of elite animals, the interest in calves of both gender, the presence of a well established market of medium and disposable material suppliers and the good receptivity of new technologies by the productive sector were determinant for commercial scale viability of IVF. The existence of expert technicians, as demonstrated by the growth of SBTE and its scientific production, was also important. In 2005, the *in vitro* embryo production (including OPU, maturation, fertilization and embryo culture) was the main theme of 31.54% of the abstracts presented (Viana, 2005).

One factor which must be highlighted, however, are the differences observed in many parameters of ovarian physiology in zebu cattle, including in the number of follicular waves, divergence, maximum size, persistency of dominant follicles, follicular recruitment, etc. (Rhodes et al., 1995; Figueiredo et al., 1997; Viana et al., 2000; Sartorelli et al., 2005). These characteristics seems to be associated with the great variation in superovulatory responses observed in zebu cattle (Baruselli et al., 2006), but also determinate the greater number of small growing follicles present in the ovaries and, consequently, a greater number of COCs recovered by OPU (Viana et al., 2004), when compared to results of *Bos taurus* (Wagtendonk-de Leeuw, 2005). Considering that fertilization, cleavage, blastocyst production and pregnancy rates are quite similar among laboratories all over the world; differences in the number of COCs recovered from each donor may be determinant to the viability or not of IVF. The follicular recruitment repeatability (Boni et al., 1997) and the less complex logistic in oocyte recover, when compared to ET, also contributed to make the IVF more competitive.

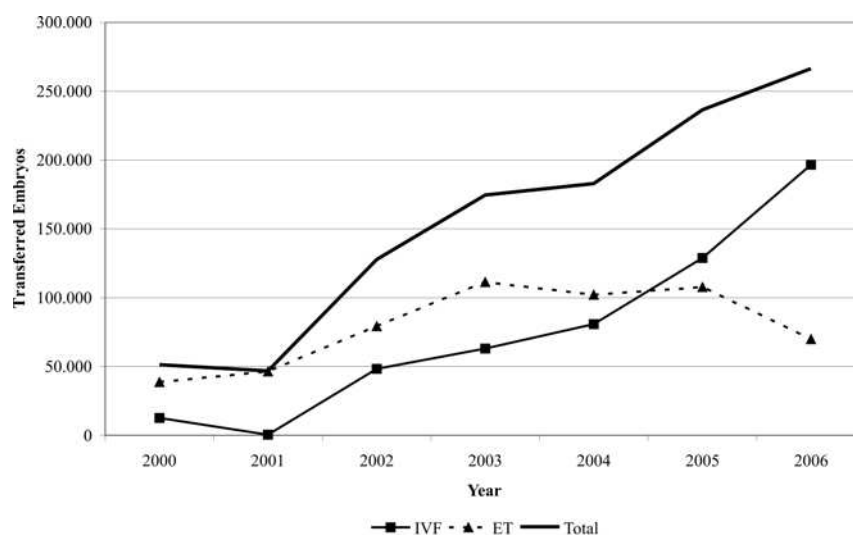


Figure 1: Transfer of embryo produced by conventional superovulation (ET) or *in vitro* fertilization (IVF) in the period of 2000 - 2006 in Brazil.

The scenario today

The trends observed in 2004 and 2005 were consolidated in 2006, with IVF reaching the expressive level of 73.8% of reported transfers in the country. Computing all transfers recorded (266.549), Brazil will probably keep its position as a world leader in bovine embryo production. The expansion of IVF established or increased some characteristics of the national ET market, such as the predominance of zebu beef breeds, associated with more than 90% of the transfers in 2006 (Table 3). The lower percentage of transfers in *Bos taurus* breeds also reflects the reduction in the use of imported embryos, which reached 15.3% of the transfers of frozen embryos and 3.6% of the total in 1996, and was reduced to an inexpressive value today.

Other characteristic of the market today is the preference for transfer of embryos without cryopreservation (Table 4), both in conventional ET (>80%) and in IVF (>95%), which reflects the low results obtained with frozen embryos from zebu breeds and produced *in vitro*. The preference for fresh transfer increased the recipient market, including the supply or housing of animals, estrous synchronization, pregnancy diagnosis and fetal gender identification.

The veterinary service in this area followed the changes resulting from the increase in IVF industry. A greater segmentation of the activity was observed, with procedures such as OPU and embryo transfer, formerly supplied by the IVF laboratories, being incorporated to the routine of professionals who worked before only with conventional ET. The centralization of actions typical of *in vivo* embryo production was replaced by the association of different expertise in the same process, with a higher degree of specialization in each part of the activity.

Table 3: Transfer of embryo produced by conventional superovulation (ET) or *in vitro* fertilization (IVF) in Brazil in 2006, stratified by breed group.

Breed group	ET	IVF	Total
Zebu dairy breeds	6,037	13,182	
European dairy breeds	2,615	0	
Subtotal	8,652	13,182	21,834 (8.19%)
Zebu beef breeds	59,568	183,481	
European beef breeds	1,666	0	
Subtotal	61,234	183,481	244,715 (91.81%)
Total	69,886 (26.22%)	196,663 (73.78%)	266,549

Table 4: Production, transfer and cryopreservation of bovine embryos in 2006.

Breed	ET			IVF		
	Collected	Transferred	Frozen	Produced	Transferred	Frozen
Dairy	12,052	8,652	2,600 (23.1%)	14,290	13,182	1,016 (7.2%)
Beef	69,062	61,234	6,954 (10.2%)	190,043	183,481	6,562 (3.5%)
Total	81,114	69,886	9,554 (12.0%)	204,333	196,663	7,578 (3.7%)

Embryo production in dairy breeds

Embryo production in dairy breeds by conventional superovulation fluctuated in the last 10 years, without expressive numeric changes (Table 5). Considering the whole activity, however, participation of dairy breeds was reduced, dropping from 36.9% in 2000 to less than 4% in 2004, and showed a trend of increasing since 2005. The participation of dairy breeds in the IVF market, few expressive up to 2004, showed a consistent increase after 2005 in zebu breeds, overtaking conventional ET in 2006 (Table 3). The use of IVF in dairy herds was limited by the low scale, consequence of herd sizes, by the lower fertility inherent of lactating cows, by the high male/female proportion in born calves, and by the low profitability of dairy industry. The increase observed in the last two years reflects a warm up in milk market, associated with a scenario of higher competition among beef breeds and possibly to the opportunity of using the already established capacity of the labs. The availability of the facilities and staff creates the opportunity to perform IVF in breeds or crossbreeds with lower market value and initially less attractive. In 2006, for example, the transfer of 2,580 ET embryos and 3,200 IVF embryos in Girolando breed (Gyr vs. Holstein) was reported. Another great impact factor was the introduction of sexed semen in the ET and, mainly, IVF routines (Dell'Aqua Jr. et al., 2006). The poor results obtained with frozen *in vitro* produced embryos, however, is still an important obstacle for IVF growth in dairy breeds, once the need for cryopreserved embryos in these breeds is higher (Table 4).

Table 5: Participation of dairy breeds in the total of conventional embryo transfers in the period 1997-2006

	Year									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total	13,724	43,245	74,067	38,595	46,301	79,295	111,424	102,100	107,717	69,886
Beef	12,631	28,423	59,137	24,363	*	68,363	105,364	98,117	101,986	61,234
Dairy	1,093	14,822	14,930	14,232	*	10,932	6,060	3,983	5,731	8,652
(% total)	7.96%	34.27%	20.16%	36.88%		13.79%	5.44%	3.90%	5.32%	12.38%

* Lost data

Conclusions

Although it is not possible to predict the future evolution of ET scenario in Brazil, some trends seems well defined. The IVF is established as an option for multiplication of high value animals. Due to its high production capacity, after providing embryos for internal market the IVF will probably focus embryo export, mainly because of the country bovine genetic, adapted to tropical environment. This will require an extra effort in overcoming some technical limitations of IVF, including cryopreservation. The technology will also be applied to other farm species, as equine and small ruminants. Job opportunities may increase, including by the export of services and technology, but will require a higher professional qualification. Conventional TE, by the other hand, will remain important, but focused in more specific market opportunities. Finally, we must emphasize that IVF was an example of new biotechnique which was quickly incorporated to the production chain and resulted in significant advance for Brazilian cattle industry, demonstrating the importance of investments in research and technological development.

Acknowledgments

The authors thanks to the following organizations for the contribution with statistic data showed: Comitê de Estatística da SBTE, Associação Brasileira de Criadores de Zebu, Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, Associação Brasileira de Criadores de Gado Pardo-Suíço, Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, Associação Brasileira de Criadores de Marchigiana, Associação Brasileira de Criadores - Herd Book Collares, Associação Brasileira dos Criadores de Simental e Simbrasil.

Referências

- Baruselli, P.S.; As filho, M.F.; Martins, C.M.; Nasser, L.F.; Nogueira, M.F.; Barros, C.M.; Bo, G. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 65, p. 77-88, 2006.
- Brackett, B.G.; Bousquet, D.; Boice, M.L.; Donawick, W.J.; Evans, J.F.; Dressel, M.A. Normal development following *in vitro* fertilization in the cow. **Biology of Reproduction**, v.27, p.147-158, 1982.
- Boni, R.; Roelofsen, M.W.M.; Pieterse, M.C.; Kogut, J.; Kruip, T.A.M. Follicular dynamics, repeatability and predictability of follicular recruitment in cows undergoing repeated follicular puncture. **Theriogenology**, v.48, p.277-289, 1997.
- Dell'Aqua Jr., J.A.; Papa, F.O.; Araújo, J.P.; Freitas, C.P.; Ponchiroli, C.B.; Figueiredo, A.S.; Melo, C.M.; Alberti, K.; Crespilho, A.M.; Siqueira Filho, E.R.; Orlandi, C. Aplicação do sêmen sexado na produção de embriões. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 34, p. 205-212, 2006.
- Figueiredo, R.A.; Barros, C.M.; Pinheiro, O.L.; Soler, J.M.P. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. **Theriogenology**, v.47, p.1489-1505, 1997.
- Galli, C.; Crotti, G.; Notari, C.; Turini, P.; Duchi, R.; Lazzari, G. Embryo production by ovum pick up from live

- donors. **Theriogenology**, v.55, p.1341-1357, 2001.
- Looney, C.R.; Lindsey, B.R.; Gonseth, C.L.; Johnson, D.L. Commercial aspects of oocyte retrieval and in vitro fertilization (IVF) for embryo production in problem cows. **Theriogenology**, v.41, p.67-72, 1994.
- Nehmi, I.M.D. **Anualpec 2004** : Anuário da pecuária brasileira. São Paulo. Instituto FNP, 2004. 376p.
- Pieterse, M.C.; Kappen, K.A.; Kruip, T.A.M.; Taverne, M.A.M. Aspiration of bovine oocytes during transvaginal ultrasound scanning of the ovaries. **Theriogenology**, v.30, p.751-762, 1988.
- Rhodes, F.M.; Fitzpatrick, L.A.; Entwistle, K.W.; De'ath, G. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.104, n.1, p.41-49, 1995.
- Rubin, M.I.B. Histórico dos 20 anos da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões (1985-2005). **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 33, p. 35-54, 2005.
- Sartorelli, E.S.; Carvalho, L.M.; Bergfelt, D.R.; Ginther, O.J.; Barros, C.M. Morphological characterization of follicle deviation in Nelore (*Bos indicus*) heifers and cows. **Theriogenology**, v. 63, p. 2382-2394, 2005.
- Thibier, M. The animal embryo transfer industry in figures: A report from the IETS Data Retrieval Committee. **Embryo Transfer Newsletter**, n. 19, p. 16-22, 2001.
- Thibier, M. Transfers of both in vivo derived and in vitro produced embryos in cattle still on the rise and contrasted trends in other species in 2005. **Embryo Transfer Newsletter**, n. 24, p. 12-18, 2006.
- Viana, J.H.M. XIX Reunião Anual da SBTE: Resumos publicados. **Jornal O Embrião**, n. 24, p. 8, Jul-Set, 2005.
- Viana, J.H.M. Cenário atual da Transferência de embriões produzidos *in vivo* e *in vitro* no Brasil e no Mundo. **Jornal O Embrião**, n. 29, p.4-7, Out-Dez, 2006.
- Viana, J.H.M., Ferreira, A.M., Sá, W.F., Camargo, L.S.A. Follicular dynamics in Zebu cattle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2501-2509, 2000.
- Viana, J.H.M.; Camargo, L.S.A.; Ferreira, A.M.; Sá, W.F.; Fernandes, C.A.C.; Marques Junior, A.P. Short intervals between ultrasonographically guided follicle aspiration improve oocyte quality but do not prevent establishment of dominant follicles in the Gir breed (*Bos indicus*) of cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 84, p. 1-12, 2004.
- Wagtendonk-de Leeuw, A.M. Ovum-pick up and in vitro production in the bovine after use in several generations: a 2005 status. **Theriogenology**, v. 65, p. 914-925, 2006.
- www.abcz.org.br. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). 2004