

PROGRESSO AGRONÔMICO E GENÉTICO EM PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Dilermando PERECIN¹
Marcos Guimarães de Andrade LANDELL²
Mauro Alexandre XAVIER²
Ivan Antonio dos ANJOS²
Márcio Aurélio Pitta BIDOIA²
Daniel Nunes da SILVA²

- RESUMO: São analisados 227 experimentos conduzidos pelo Centro de Cana do IAC, o período de 1994 a 2006, em vários locais. Para avaliação do progresso genético são analisados 49 experimentos, com sementes e *seedlings* gerados de 1977 a 1996. Em cada local e ano de experimentação foi plantada uma cultivar padrão, permitindo analisar a produção ajustada dos melhores (MED) e do melhor (TOP) dos genótipos de cada geração. Os resultados mostram progresso agronômico médio de 1,0 toneladas por hectare ano para a produção do 1º corte (colheita) e certa estabilidade para as demais colheitas. A produção é dependente do ambiente, com diferenças de até 40 toneladas por hectare, quando se passa dos melhores para os piores ambientes. O progresso genético do programa foi ligeiramente superior a 1% ao ano, mostrando a eficiência do programa.
- PALAVRAS CHAVES: Experimentação com cana-de-açúcar; ganho genético, ganho agronômico.

1 Introdução

A produtividade média da cana-de-açúcar no campo, em 2004, situava-se ao redor de 80 toneladas por hectare, enquanto que em 1976 situava-se ao redor de 50 toneladas por hectare (BIAGI FILHO, 2008). Os dados (BIAGI FILHO, 2008) mostram que o aumento foi aproximadamente linear e a taxa anual de crescimento da produção no campo situou-se ao redor de 1,0 tonelada por hectare ano.

Segundo Landell e Bressiani (2008) o potencial biológico de produção da cana-de-açúcar é ainda maior, gerando ânimo para pesquisadores do melhoramento da cultura..

Parte do aumento da produtividade se deve a obtenção de novas cultivares; daí a importância que se deve dar aos programas de melhoramento, gerando o que se denomina progresso genético. Outra parte se deve a melhorias nas técnicas agronômicas (preparo do solo, uso de mudas de boa qualidade, técnicas de plantio e manejo da cultura etc.), gerando o que se denomina progresso tecnológico de campo ou agronômico. Há influências ambientais (clima,

¹Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal, CEP 14870-900 – Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: perecin@fcav.unesp.br

²Centro de Cana – Instituto Agronômico, Rodovia SP333, km 321, Caixa Postal 206, CEP: 14001-970, Ribeirão Preto-SP, Brasil. E-mail: mlandell@iac.sp.gov.br / mxavier@iac.sp.gov.br / iaanjos@iac.sp.gov.br / mbidoia@iac.sp.gov.br / dnunes@iac.sp.gov.br

solo, anos) e suas interações com o genótipo. Há também fortes progressos obtidos nas fases de processamento industrial da matéria prima, conforme mostrado em dados da BIAGI FILHO (2008).

Avaliar os progressos tanto genético como agronômico são formas de medir o retorno da pesquisa. Alguns aspectos, relativos a esses progressos e a forma de obtê-los, serão abordados neste artigo.

Há dificuldades em separar o progresso agronômico do efeito climático dos anos, pois o progresso ocorre em função do aperfeiçoamento do pessoal, dos insumos e dos equipamentos e não é usual manter testemunhas ou padrões com técnicas não atualizadas..

Por outro lado, estimativas confiáveis do progresso genético realizado ao longo do tempo, também são difíceis de obter com precisão (Bresseghele et al., 1998). Segundo Ustun et al. (2001), o número de genótipos e sua escolha para experimentação podem mudar a estimativa. Eles sugerem: (i) avaliação de genótipos em ambientes comuns fornecem a estimativa mais direta do progresso genético; (ii) experimentos devem ser conduzidos em condições de campo; (iii) avaliações devem ser feitas em parcelas, não em plantas individuais; (iv) genótipos avaliados em tempos diferentes devem ser comparados simultaneamente.

Compilando informações da literatura, alguns métodos para avaliar o progresso genético, são resumidos a seguir.

- 1) Método Vencovsky et al. (1988): Nesse método, a estimativa do ganho genético é obtida pelo contraste entre a média de todos os tratamentos de um dado ano e a do ano anterior; deste contraste, subtrai-se o efeito do ano, estimado pela diferença entre a média do grupo de genótipos comuns nesses dois anos consecutivos.
- 2) Método do Modelo Misto: Esse método efetua um ajustamento das médias dos genótipos nos diferentes ambientes em que foram testados, procurando minimizar as influências ambientais e das interações genótipos x ambientes..
- 3) Método do Ganho Aparente: As estimativas de ganho genético são obtidas pelo contraste direto entre as médias dos genótipos novos e média das testemunhas. Como os genótipos testemunhas vão mudando ao longo dos anos, o ganho resultante é denominado aparente. É um método em que os diversos efeitos (agronômicos, genéticos e ambientais) não são separados.
- 4) Método de ajuste por covariância: Se um ou mais dos genótipos se repete ao longo do tempo, em todos os experimentos, os seus resultados poderão ser usados como covariáveis; de modo que os efeitos de gerações seriam ajustados para um mesmo valor das covariáveis comuns e o progresso genético seria estimado pelo efeito linear de gerações. As médias dos genótipos novos e testemunhas são ajustados para os efeitos ambientais, na forma do método 2.

Nos experimentos analisados, a cultivar RB72454 estava presente em todos e os seus dados serão utilizados como covariável, para ajustar respostas dos novos genótipos e estimar o progresso genético.

Essa cultivar foi lançada no final da década de oitenta do século passado (Matsuoka, 1987) e é ainda a mais cultivada no Brasil, ocupando área de aproximadamente 785.263 ha (CTC, 2005). Seu desempenho agro-industrial continua sendo excepcional, mantendo-se competitiva em relação às cultivares mais modernas. Assim, a análise de sua produção ao longo dos anos pode servir para inferir influências do clima, de fatores bióticos (doenças) e do progresso agronômico (ou tecnológico de manejo), ao longo dos anos. Dados obtidos com a cultivar também serão utilizados para avaliar efeitos ambientais.

2 Material e métodos

2.1 Progresso agronômico e efeitos ambientais

As médias de produção da cultivar RB72454, no geral com 4 repetições, foram coletadas dos experimentos Regionais e Estaduais de competição de cultivares, colhidos no período de 1994 a 2005. Foram considerados 227 experimentos, classificados quanto ao ano da colheita (1994 a 2005), época de colheita (outono, inverno e primavera), o ciclo ou corte (1º ao 4º), região de instalação (Adamantina, Assis, Jaú, Mococa, Pindorama, Piracicaba, Ribeirão Preto, Triângulo Mineiro e Goiás) e ambiente de Produção (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2), estes englobando efeitos de solo, clima e disponibilidade de água e nutrientes, segundo critérios de PRADO et al. (2002). Os ambientes A e B são melhores, enquanto os D e E, piores.

O número de experimentos foi variável conforme a época, a região, o ambiente e o ano, sendo realizadas análises gerais por corte. As médias foram ajustadas (usando o programa SAS) de modo a ter efeitos médios para anos, teoricamente como se fossem nas mesmas épocas, nas mesmas regiões e nos mesmos ambientes. Para essas análises, os anos foram recodificados de 1 (1994) a 12 (2005) e separou-se o efeito linear (como se fosse uma covariável), explicitando a taxa linear de variação anual de TCH (toneladas de cana por hectare) para verificar se está ocorrendo efeitos lineares. O coeficiente R^2 linear foi obtido como o quociente entre as somas de quadrados (do tipo III) dos efeitos lineares e totais de anos, respectivamente. Como esses experimentos são realizados nas unidades produtoras (usinas), utilizando a tecnologia agrônômica do momento, a taxa linear de aumento de cada cultivar, ao longo dos anos, pode ser interpretada como progresso agronômico e/ou climático do período.

Para ambientes, utilizaram-se os mesmos dados e o mesmo sistema de ajuste, recodificando-se como 1 (ambientes A1 ou A2) a 5 (ambientes E1 ou E2), para determinar o que se denominou de taxa linear de variação ambiental. Os subambientes (1 e 2, dentro de cada grupo de letra) foram reunidos, uma vez que a diferenciação dentro dos grupos é menos linear que entre grupos.

2.2 Progresso genético

Os dados de TCH (toneladas de cana por hectare) e TPH (toneladas de pol por hectare) foram obtidos a partir dos ensaios estaduais do programa de melhoramento de cana do IAC. Foram 49 experimentos colhidos na época média (inverno), dos experimentos estaduais de 1995 a 2006, em vários locais por ano. Cada experimento, em cada local e ano, foram instalados com cerca de 20 genótipos e 3 a 6 repetições por local. Entre os genótipos constavam testemunhas ou cultivares padrões e clones novos, pré-selecionados regionalmente e com potencial para serem lançados como cultivares, ou seja, são os melhores clones do programa de melhoramento para serem avaliados naquele ano do experimento. Os dados foram classificados quanto ao: ano de geração da semente (ano do cruzamento), ano da colheita (1994 a 2006), o ciclo ou corte (1º ou 2º), região de instalação (Adamantina, Assis, Jaú, Mococa, Pindorama, Piracicaba, Ribeirão Preto, Triângulo Mineiro e Goiás) e ambiente de produção (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2), que englobam efeitos de solo e de clima, na mesma forma do item anterior.

O número de experimentos foi variável conforme a região, o ambiente e o ano, sendo realizadas análises gerais por corte. Em uma primeira análise as médias foram ajustadas (usando o programa SAS) de modo a ter efeitos médios para anos da colheita, teoricamente como se fossem nas mesmas regiões e nos mesmos ambientes.

Em cada experimento haviam clones gerados em um ou mais anos e a cultivar padrão RB72454. Construiu-se um arquivo, com: ano do experimento, média ajustada da cultivar padrão (RB72454), ano do cruzamento ou de geração, média ajustada dos melhores clones de cada ano de cruzamento (MED) e média ajustada do melhor clone de cada ano de cruzamento (TOP), tanto para TCH como para TPH e realizaram-se análises em função do ano de geração, usando a média da cultivar padrão no experimento como covariável. Para essas análises, os anos de geração das sementes foram recodificados de 1 (1977) a 21 (1997) e separou-se o efeito linear, explicitando a taxa linear de variação anual de TCH ou de TPH (toneladas de cana ou de pol por hectare) para verificar se está ocorrendo efeito linear ao longo dos anos de cruzamentos.

A taxa linear em função de anos de cruzamentos (ou gerações) pode ser interpretada como progresso genético anual, uma vez que o progresso agrônômico e/ou variações ambientais foram teoricamente ajustados, na primeira análise. O coeficiente R^2 linear foi obtido como o quociente, entre as somas de quadrados dos efeitos lineares e totais de anos de cruzamento (gerações das sementes). Para cálculo da taxa percentual anual, utilizou-se o quociente do progresso anual em relação à média ajustada do ano de cruzamento 1977.

Com a média dos genótipos selecionados em cada ano de cruzamento (MED) foram obtidas, separadamente para TCH e TPH, o progresso genético médio anual do programa e, com o melhor genótipo de cada ano de cruzamento (TOP), o progresso genético anual do programa.

3 Resultados e discussão

3.1 Progresso agrônômico e efeitos ambientais

Na Tabela 1 estão as médias ajustadas para efeitos de épocas, de regiões e de ambientes de produção. Ou seja, pelo menos teoricamente é como se os experimentos fossem realizados nas mesmas épocas, nas mesmas regiões e nos mesmos ambientes. Além disso, como os efeitos do clima não são os mesmos em todas as regiões e ambientes, indiretamente pode haver algum ajuste parcial também para efeitos do clima. A representatividade nos anos não é uniforme, por isso são apresentados os números de experimentos em cada ano, podendo ocorrer algum problema de confiabilidade nos casos menos representados.

Para o 1º corte (Tabela 1) as médias de TCH variam de 111,6 a 131,5 toneladas de cana por hectare. Os efeitos significativos para ambientes são claramente esperados e são mais fortes que os representados por regiões. Para o 1º corte, o efeito linear de anos, de 1,0 toneladas de cana por hectare ano (0,88% anual), embora não muito consistente ($R^2 = 30,6\%$) e ($p < 0,10$), é reflexo de avanços agrônômicos no manejo, em especial no plantio, da cana ao longo desses anos, ou seja, o progresso agrônômico e/ou climático do período. É também um indicador da estabilidade da produção da cultivar e indiretamente da melhoria da qualidade dos experimentos ao longo dos anos.

Para os 2º e 3º corte (Tabela 1), os resultados não mostraram efeitos lineares de anos, mas a produção mostra-se em nível elevado, no geral entre 90 e 100 toneladas por hectare.

Para o 4º corte (Tabela 1), há como se notam pelos números de experimentos, menor representatividade, o que talvez explique o efeito linear de anos ($p < 0,10$) e negativo em -2,1 toneladas de cana por hectare ano; mas pode também expressar um indicador de progresso negativo na soca velha dessa cultivar, talvez pelo aumento da colheita com cana crua (essa cultivar não foi selecionada com essa condição) e efeitos climáticos não tão favoráveis nos últimos anos.

Tabela 1 - Número de experimentos, médias (TCH) ajustadas para Regiões (9) e Ambientes de produção (10), e outras estatísticas da análise de variância. Taxa anual (regressão linear em função dos anos) ou progresso agrônômico e/ou ambiental e seu R². Cultivar RB72454, 1994-2005

Ano da Colheita	1º Corte		2º Corte		3º Corte		4º Corte	
	Nº	Média	Nº	Média	Nº	Média	Nº	Média
1994	1	114,1	1	88,8	-	-	-	-
1995	7	116,1	-	-	1	64,9	-	-
1996	3	115,9	9	94,2	-	-	-	-
1997	21	123,2	3	96,5	7	77,9	-	-
1998	8	119,1	17	102,4	1	106,2	4	95,5
1999	25	124,0	7	92,9	18	81,7	-	-
2000	17	111,6	18	94,8	6	72,1	4	80,6
2001	20	122,2	17	99,3	18	85,6	3	80,5
2002	15	131,5	21	99,0	18	83,1	13	78,4
2003	24	128,8	15	100,8	21	80,0	5	62,7
2004	49	127,5	20	98,6	16	80,0	18	79,8
2005	37	124,7	44	95,5	16	81,1	8	74,0
TOTAL	227		172		122		55	
Efeitos	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Época	2	625,9ns	2	760,2*	2	349,1ns	2	393,1ns
Região	8	902,9*	8	856,5*	8	612,1*	7	485,6*
Ambiente	9	3855,2*	9	3624,2*	9	2102,3*	8	1112,1*
Ano colheita	11	457,1ns	10	119,1ns	9	170,9ns	6	529,5*
Ano linear	1	1538,7*	1	9,9ns	1	15,2ns	1	475,8*
Resíduo	196	434,2	142	312,5	93	252,5	31	179,3
Coef. Variação		16,9		18,1		19,2		17,1
Taxa anual (t.ha ⁻¹)		1,0*		-0,1ns		0,2ns		-2,1*
R ² linear (%)		30,6		0,8		1,0		15,0

GL=Grau de liberdade, QM= Quadrado médio, * = significativo (p<0,10), ns= (p>0,10), TCH= toneladas de cana por hectare.

Os coeficientes de variação foram: 16,9% para o 1º corte a 19,2% para o 3º corte (Tabela 1), são valores médios a altos (Perecin, 2008), o que pode ser devido às interações entre genótipo, época, região, ambiente e anos que não foram separados na análise realizada.

Na Tabela 2 estão resumidos resultados para regiões e para os ambientes. Os resultados mostram efeitos das várias regiões e ambientes na produtividade da cultivar.

As taxas ambientais, em função das notas atribuídas aos ambientes (Tabela 2), devidamente ajustadas para regiões e anos, mostram resultados muito interessantes. Para o 1º corte, a taxa linear de diminuição quando se passa de um grupo de ambiente para outro de qualidade imediatamente inferior é de 9,0 toneladas por hectare. Para socas, essas taxas são similares a esse valor, ou seja, em termos percentuais a influência do ambiente nas socas é ainda maior; o que já havia sido observado em Landell et. al. (2003). A representatividade dessas taxas, em termos dos R² é alta, explicam mais de 85% da variação existente. Esses resultados mostram de forma muito clara as influências do ambiente sobre a produtividade desta cultivar.

Tabela 2 - Número de experimentos e médias (TCH) para regiões, ajustadas para efeitos de épocas, de anos e de ambientes, e médias (TCH) para ambientes, ajustadas para efeitos de épocas, de regiões e de anos. Taxa ambiental (regressão linear em função das notas) e seu R². Cultivar RB72454, 1994-2005

Região/ Ambiente	1º Corte		2º Corte		3º Corte		4º Corte	
	Nº	Média	Nº	Média	Nº	Média	Nº	Média
Regiões:								
Adamantina	8	123,2	5	109,4	1	82,0	-	-
Assis	23	118,3	20	92,8	10	75,4	5	82,8
Goiás	30	108,0	22	89,6	19	73,4	11	68,5
Jaú	28	127,1	21	93,8	19	90,1	8	79,1
Mococa	14	127,2	9	105,6	6	99,9	1	100,8
Pindorama	22	132,6	16	106,3	12	81,5	7	72,1
Piracicaba	13	121,9	9	101,3	5	74,6	1	84,5
Ribeirão Preto	75	118,6	58	90,7	41	80,1	17	86,1
Triângulo Mineiro	14	117,2	12	79,9	9	74,2	5	70,8
Ambientes:								
A1, Nota = 1	14	139,6	9	117,7	6	91,7	5	83,9
A2, Nota = 1	36	144,7	19	114,2	15	101,4	6	93,1
B1, Nota = 2	12	127,7	11	110,5	5	99,1	1	84,5
B2, Nota = 2	30	125,3	24	115,6	20	91,4	12	90,0
C1, Nota = 3	38	121,9	32	98,3	20	84,2	9	77,1
C2, Nota = 3	12	124,6	10	101,9	11	83,9	3	96,1
D1, Nota = 4	35	107,8	29	85,3	23	64,9	13	66,0
D2, Nota = 4	13	100,1	13	74,3	5	80,2	3	55,0
E1, Nota = 5	26	111,2	20	80,5	14	67,2	2	59,7
E2, Nota = 5	11	112,8	5	68,2	3	48,4	1	39,5
Taxa ambiental (t.ha ⁻¹)		-9,0*		-11,3*		-10,1*		-11,9*
R ² linear (%)		85,7		93,5		97,3		94,8

* = significativo (P<0,10), ns= (P>0,10), TCH = toneladas de cana por hectare.

3.2 Progresso genético

Na Tabela 3 estão as médias ajustadas, conforme descrito na metodologia; ou seja, pelo menos teoricamente é como se os experimentos fossem realizados na mesma região e no mesmo ambiente.

Para o 1º corte (Tabela 3) as médias de TCH variaram de 97,8 a 125,0 para a média dos genótipos de cada geração e de 97,8 a 135,6, para o melhor genótipo de cada ano (TOP). Os efeitos lineares de anos de cruzamento (progresso genético) foram positivos; sendo em toneladas por hectare de 0,58 (0,55% ao ano, com R² de 20%) para a média e de 1,25 (1,16% ao ano, com R² de 55%) para os genótipos TOP. O fato da média dos genótipos selecionados em cada ano serem positivo é um indicador interessante, mostrando progressos em relação à testemunha. Mas, os genótipos TOP, certamente são os mais interessantes, uma vez que eles geram expectativas temporárias de multiplicação vegetativa, até que outros melhores sejam gerados.

Tabela 3 - Médias de TCH e TPH, para os melhores clones (MED) e para o melhor clone (TOP) de cada geração ou ano do cruzamento. Taxa anual (regressão linear em função dos anos) ou progresso genético do programa cana IAC e seu R², experimentos do período 1995-2006. Valores ajustados, usando como covariável a média ajustada da cultivar RB72454, em cada experimento

Semente Gerada	TCH_1	TCH_1	TPH_1	TPH_1	TCH_2	TCH_2	TPH_2	TPH_2
	Med	Top	Med	Top	Med	Top	Med	Top
1977 (1)	105,6	108,2	16,6	17,2	74,9	78,2	11,3	11,9
1980 (4)	107,3	107,3	16,5	16,6	78,1	78,1	11,8	11,8
1981 (5)	97,8	97,8	14,9	15,0	83,1	83,1	12,5	12,5
1982 (5)	113,5	113,5	17,0	17,1	95,3	99,5	13,7	14,7
1983 (7)	112,7	112,7	16,6	16,6	89,2	92,4	13,4	14,0
1984 (8)	114,2	114,4	15,8	15,8	94,0	94,0	13,6	13,7
1985 (9)	104,5	105,0	16,6	16,6	82,3	82,8	12,9	12,9
1986 (10)	116,9	116,9	18,2	18,5	95,5	97,3	14,5	14,5
1987 (11)	123,7	125,6	18,3	18,9	94,7	99,6	14,1	15,0
1989 (13)	108,5	110,4	16,3	16,9	91,8	93,4	13,5	14,2
1990 (14)	106,2	106,2	15,9	15,9	84,9	86,4	11,6	11,6
1991 (15)	112,6	118,6	17,6	18,7	91,9	99,7	13,7	15,0
1993 (17)	112,6	122,1	17,7	18,7	94,0	100,5	14,5	15,7
1994 (18)	114,4	121,0	18,2	19,0	91,7	104,2	14,3	16,6
1995 (19)	119,8	127,9	18,4	19,8	90,8	93,7	14,1	14,9
1996 (20)	114,7	123,6	18,6	19,9	91,7	98,2	14,6	16,1
1997 (21)	125,0	135,6	20,6	22,4				
Taxa Anual (t/ha)	0,58	1,25	0,13	0,22	0,08	0,46	0,10	0,17
Taxa Anual (%)	0,55	1,16	0,78	1,28	0,11	0,59	0,88	1,43
R ² linear (%)	20	55	35	53	1	12	32	41

TCH_i ou TPH_i = Toneladas de cana (ou de pol=açúcar) por hectare, corte i (i = 1 ou 2).

Para o 2º corte, os progressos genéticos, em termos de TCH, embora positivos, foram menores, 0,46 toneladas por hectare ano (0,59% anual) para os genótipos TOP.

Para TPH (Tabela 3), os progressos genéticos foram todos positivos e percentualmente um pouco superiores aos de TCH, destacando-se para o melhor genótipo de cada ano (TOP): 1,28 % anual para o 1º corte, com R² de 53% e 1,43% anual, com R² de 41% para o 2º corte, mostrando que a qualidade (teor de pol ou sacarose) dos novos genótipos tem melhorado adicionalmente ao melhor TCH.

Esses resultados, embora com variabilidades e incertezas envolvidas num programa de melhoramento (os maiores R² estão ao redor de 50%), mostram que avanços têm sido alcançados ao longo do tempo. Na média dos cortes, com o melhor genótipo de cada geração, foram obtidos 0,87% anual para TCH e 1,35% anual para TPH.

Somando a esses valores o progresso agrônômico, as taxas até superaram os dados da produção comercial, apresentados pela BIAGI FILHO (2008); ou seja, os progressos agrônômico e genético, embora com alguma defasagem, estão sendo absorvidos pelas empresas que atuam no campo, mostrando a importância da pesquisa.

Por outro lado, o programa cana IAC tem dado enfoque a obtenção de cultivares regionais, aproveitando as vantagens da interação genótipo x ambiente. Assim, o progresso genético para algumas regiões pode ser superior, ao relatado neste artigo.

Conclusões

- 1) O ajuste por covariável, desde que presente em todos os anos de experimentação, é uma forma simples e eficiente para eliminar possíveis distorções, do progresso agrônômico e/ou climático, nas estimativas do progresso genético em programas de melhoramento.
- 2) No caso da cana-de-açúcar, o progresso agrônômico é maior para a cana planta (primeiro corte), alcançando 1,0 toneladas por hectare ao ano.
- 3) Para a cultivar RB72454, a produtividade média esperada, em qualquer corte, diminui até 40 toneladas por hectare, quando se passa dos melhores ambientes (A) para os piores ambientes (E). Em porcentagem, o efeito aumenta com os cortes.
- 4) No período de 1994 a 2006, o progresso genético, para o primeiro corte, foi de 1,28 toneladas por hectare ano (1,16% anual) para TCH e de 1,28% anual para TPH e, para o segundo corte, respectivamente de 0,56% e 1,43%. O progresso genético, em porcentagem, foi maior no primeiro corte para (TCH) e no segundo corte com adicional de qualidade (TPH).
- 5) Os efeitos lineares positivos sugerem que os máximos ainda não foram alcançados, gerando otimismo para melhoristas da cultura.

PERECIN, D.; LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A.; DOS ANJOS, I. A.; BIDOIA, M. A. P.; DA SILVA, D. N. Agronomic and genetic progress in sugar-cane breeding program. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.27, n.2, p.279-287, 2009.

- *ABSTRACT: A number of 277 experiments performed by IAC Sugar-Cane Center were analyzed, in the period 1994 to 2006 in different environmental conditions. For genetic progress, a number of 49 were analyzed, where seeds and seedlings were generated from 1977 to 1996. A standard cultivar was kept in every location and year along the experiments, in order to analyze the adjusted yield of the superior genotypes (MED) and the best ones of each year (TOP). The results showed average agronomical progress of 1% per year to first harvest production and some stability for the others. The yield is dependent on the environment, with differences up to 40 t/ha between the best and worst environmental conditions. The genetic progress in the program was somewhat higher than 1% per year, showing the efficiency of the program.*
- *KEYWORDS: sugar-cane experiments, genetic and agronomical gain; breeding program.*

Referências

- BIAGI FILHO, M. *A visão atualizada questão etanol*. ÚNICA, 2008. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/irs/cosema/pdf/transparencias_reuniao_cosema_27_05_08_unica_maurilio.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2008.
- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; RANGEL, H. N. A new method to estimate genetic gain in animal crops. *Genet. Molecular Biol.*, Ribeirão Preto, v.21, n.4, p.551-555, 1998.
- CTC - Centro Tecnologia Canavieira . *Censo varietal do CTC 2005*. Piracicaba: Ed.CTC, 2006, 16p.
- LANDELL, M. G. A.; PRADO, H.; VASCONCELOS, A. C. M.; PERECIN, D.; ROSSETTO, R.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, M. A.; XAVIER, M. A. Oxisol subsurface chemical related to sugarcane productivity. *Sci. Agríc.*, Piracicaba, v.60, n.4, p.741-745, 2003.
- LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELLOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. *Cana-de-açúcar*. Campinas: IAC, 2008 , p.101-155.
- PERECIN, D. Experimentação com cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELLOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. *Cana-de-açúcar*. Campinas: IAC, 2008 , p.809-820.
- PRADO, H.; LANDELL, M. G.; ROSSETTO, R. A importância do conhecimento pedológico nos ambientes de produção de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 2002, Cuiabá. *Anais...*, Cuiabá: SBCS, 2002.
- MATSUOKA, S. RB72454: uma variedade de cana-de-açúcar para todo o Brasil. *Bras. Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.105, p.8-18, 1987.
- USTUN, A.; ALLEN, F. L.; ENGLISH, B. C. Genetics progress in soybean of the U.S. Midsouth. *Crop. Sci.*, Madison, v.41, p.993-998, 2001.
- VENCOVSKY, R.; MORAES, A. R.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 1988, Sete Lagoas. *Anais...* Sete Lagoas: EMBRAPA/CNMS, 1988. p.300-307.

Recebido em 05.06.2009.

Aprovado após revisão em 04.09.2009.