

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de Lorena

RICARDO DALL'OGGIO BUCCO

A produção de aminoácidos e sua aplicação na fertilização foliar

Lorena,
2013

RICARDO DALL'OGGIO BUCCO

A produção de aminoácidos e sua aplicação na fertilização foliar.

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena para obtenção de nota parcial para a disciplina Trabalho de conclusão de curso.

Professor Orientador: Marco Aurélio Kondracki de Alcântara

**Lorena,
2013**

Resumo

BUCCO, R. D. **A produção de L-aminoácidos e a sua aplicação na fertilização foliar.** 39 p. Monografia. Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. Lorena, SP. 2013.

A demanda de insumos agrícolas, dentre eles os fertilizantes, cresce assim como seus preços e a procura por fertilizantes de maiores rendimentos. As indústrias de fertilizantes investem portanto na aplicação de aditivos químicos para suas formulações de fertilizantes. Dentre esses aditivos químicos, já está regularizado uso de aminoácido, molécula orgânica, de alta importância bioquímica, unidade básica das proteínas. Estes aminoácidos facilitam a absorção de íons metálicos por parte da planta por formarem um quelato. Este fenômeno químico aumenta os rendimentos de fertilização foliar e os aminoácidos são utilizados em formulações com macro e micronutrientes.

Palavras chaves: fermentação, aminoácidos, fertilização foliar, quelatos.

Abstract

BUCCO, R. D. **The production of L-Aminoacids and their application in foliar fertilization.** 39 p. Monograph. Engineering school of Lorena. University of São Paulo. Lorena, SP.2013.

The demand for agricultural inputs, including fertilizers, grows as well as their prices and the need of fertilizers with higher yields. Therefore, the fertilizer companies invest in the application of chemical additives for their fertilizer formulations. Among these chemical additives, the use of amino acid is already regularized, which is an organic molecule of high biochemical importance, the basic unit of proteins. These amino acids facilitate the absorption of metal ions by the plants because they form a chelate. This chemical phenomenon increases the yields of foliar fertilization and amino acids are used in formulations with macro and micronutrients.

Sumário

Introdução	8
1. Contextualização do cenário econômico nacional sob os aspectos do uso de insumos agrícolas.	10
1.1. O crescimento da produtividade brasileira como evidência do uso satisfatório de insumos agrícolas.	10
1.2. As maiores culturas brasileiras em relação à produção: A soja, o milho e o arroz.	11
1.2.1. Soja, a maior cultura nacional.	11
1.2.2. Milho, a segunda maior cultura.....	12
1.2.3. Feijão, a terceira maior cultura	13
1.3. O uso de fertilizantes na produção agrícola brasileira	14
1.4. A elevação dos preços dos fertilizantes, suas causas e consequências.....	15
1.4.1. As causas:	15
1.4.2. As matérias primas:	16
1.4.3. Os fertilizantes:	17
2. Aminoácidos como agentes complexantes de íons metálicos e suas vantagens na fertilização foliar.	21
2.1. A importância dos fertilizantes foliares e o emprego de aminoácidos.....	21
2.2. O papel dos micronutrientes metálicos fertilização.	22
2.3. Os agentes complexantes e seu papel na fertilização foliar.....	23
2.4. Aminoácidos como agentes complexantes de íons metálicos.	24
3. A produção de aminoácidos por via fermentativa direta em regime de batelada.	27
3.1. A motivação e o início da indústria fermentativa de aminoácidos	27
3.2. As diferentes formas de produção de aminoácidos.	27
3.3. A importância da cepa utilizada na otimização do rendimento da fermentação.	28

3.4.	Aspectos gerais da fermentação direta para a produção de aminoácidos	30
3.5.	A produção de ácido glutâmico	31
3.5.1.	Efeitos da permeabilidade	32
3.5.2.	Condições de fermentação.....	32
3.6.	A produção de lisina.....	34
3.6.1.	Condições de fermentação.....	36
	Referências Bibliográficas.....	36

Índice de Tabelas

Tabela 1: O aumento da demanda de fertilizantes no mundo. Fonte: IFA (apud FAEP, 2008)	9
Tabela 2: Preços de fertilizantes pagos pelos produtores do Paraná. Fonte: FAEP 2008.....	11
Tabela 3: A evolução dos preços do cloreto de potássio. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008) ...	12
Tabela 4: Evolução dos preços da uréia e do MAP. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008).....	13
Tabela 1: Produção anual e métodos de produção de aminoácidos. Fonte: Sato et al., 2001...	29
Tabela 2: Produção de aminoácidos por fermentação direta. Fonte: Sato et al., 2001.....	30

Índice de Figuras

Figura 1: O aumento da demanda de fertilizantes no mundo. Fonte: IFA (apud FAEP, 2008)	16
Figura 2: Preços de fertilizantes pagos pelos produtores do Paraná. Fonte: FAEP 2008	18
Figura 3: A evolução dos preços do cloreto de potássio. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008)	19
Figura 4: Evolução dos preços da uréia e do MAP. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008).....	20
Figura 5: A glicina como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).....	24
Figura 6: O ácido glutâmico como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).....	25
Figura 7: A cisteína como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).	25
Figura 8: A histidina como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).....	26
Figura 9: Via DAP. Fonte: Sato et al., 2001	35

Introdução

As safras brasileiras tem evoluído muito nos últimos anos. Safras de grãos batem recordes e os índices de produtividades aumentam gradativamente (FAEP, 2008).

Esse aumento de produtividade acontece num cenário de alto desenvolvimento de tecnologias para a lavoura (FAEP, 2008).

Dentre essas tecnologias a indústria dos fertilizantes tem movimentado centenas de milhares de toneladas todo ano e seus preços sofrem aumentos significativos (FAEP, 2008).

Dentro desse cenário encontra-se a indústria de fermentação. Aminoácidos foram validados como aditivos para fertilizantes por comitês e agências ao redor do mundo como o CEN (Comitê Europeu de Normalização) e o Ministério da Agricultura do Brasil (Lucena, 2009).

Fertilizantes de solo, aplicados na presença de agentes quelantes de alta estabilidade apresentam resultados superiores de absorção de micronutrientes. Dentre os agentes quelantes de maior estabilidade encontram-se o EDTA e o DPTA (Lucena, 2009).

Na mesma investigação os fertilizantes foliares, apresentaram melhores resultados com agentes quelantes de média e baixa estabilidade (Lucena, 2009).

Dentre quelantes de média e baixa estabilidade, também chamados de agentes complexantes se encontram os aminoácidos, assim como humatos (ácido húmico) e citratos (Lucena, 2009).

Os aminoácidos apresentam uma solução barata já que sua obtenção é simples e os substratos de sua fermentação são baratos. Também por serem biodegradáveis, seu tempo de permanência no ambiente é baixo, minimizando sua potencialidade de contaminação (Lucena, 2009).

Os aminoácidos com as duas maiores produções industriais no mundo são a L-lisina e o L-glutamato (Sato *et al.*, 2001).

A principal forma de obtenção industrial desses dois aminoácidos é a fermentação direta através de bactérias do gênero: *Corynebacterium*, *Brevibacterium*.

Essas bactérias são cultivadas em meios específicos que aumentem a capacidade de excreção dessas bactérias, que passam por técnicas de mutação gênica (inserções plasmidiais) para aumentar seus rendimentos (Sato *et al.*, 2001).

1. Contextualização do cenário econômico nacional sob os aspectos do uso de insumos agrícolas.

1.1. O crescimento da produtividade brasileira como evidência do uso satisfatório de insumos agrícolas.

A produção agrícola brasileira tem apresentado um elevado crescimento nos últimos anos. As safras brasileiras têm sido cada vez maiores, as exportações aumentaram e a disponibilidade de alimentos também.

Esse crescimento da produção agrícola se deve, principalmente ao aumento de produtividade das lavouras, e não ao aumento de área cultivada. Segundo o boletim da Federação agrícola do Estado do Paraná, o FAEP, de número 1016 (FAEP, 2008) “entre os anos de 1991 a 2008, o acréscimo de área cultivada foi de 21% mas o aumento de produção foi de 104%”.

A safra brasileira de grãos entre 2009 e 2010 atingiu um recorde de produtividade mesmo com uma área cultivada menor segundo o CONAB (apud Nogueira, 2010):

[...]atingiu um recorde de 146,7 milhões de toneladas, que representa um crescimento de 8,6% ou 11,61 milhões de toneladas sobre a safra anterior, conforme o levantamento de julho de 2010 da CONAB. Porém a área cultivada foi estimada em 47,34 milhões de hectares, inferior em 0,7% à da safra anterior.

A explicação para o aumento da produção superior ao aumento de áreas cultivadas se deve a utilização de mais tecnologias nas lavouras (FAEP, 2008).

Dentre as tecnologias citadas acima, destaca-se o crescimento do uso de fertilizantes. Os dados apresentados com relação à produtividades das lavouras brasileiras são a evidência de que os insumos agrícolas, como defensivos e fertilizantes, foram utilizados de forma satisfatória.

Não obstante a esta evidência, entre o início e o final da década de 90 foi verificado um crescimento na utilização de fertilizantes de aproximadamente 70% (FAEP, 2008).

Esse aumento da utilização de fertilizantes e outros insumos agrícolas é explicado segundo Nogueira (2010):

Um dos fatores que pode ter contribuído é a desvalorização do dólar em relação ao real no período, favorecendo a manutenção ou redução nos preços de componentes importados. Aparentemente, os produtores tiveram acesso a recursos de custeio em quantidade suficiente e no momento oportuno, o que vem se tornando uma situação rotineira a cada ano, em razão da divulgação do plano de safra com as condições de financiamento. Desta forma, o setor tem conseguido sustentar a tendência histórica de aumento gradativo na produtividade, o que permite elevar a produção com a manutenção ou redução da área plantada. Desta forma se permite a elevação da produção com a redução da área plantada.

1.2. As maiores culturas brasileiras em relação à produção: A soja, o milho e o arroz.

1.2.1. Soja, a maior cultura nacional.

No ano de 2010, observou-se que a maior cultura no Brasil em relação à produção bruta, foi a de soja, com 68,7 milhões de toneladas, resultante de um crescimento de 20,2% sobre 2009. Esta produção representou 46,8% da produção total de grãos e suas exportações foram estimadas em 28,8 milhões de toneladas (Nogueira, 2010).

Na Tabela 1, retirada de um estudo da CONAB, encontra-se um comparativo entre área cultivada e produtividade e produção total da soja entre as regiões e entre as safras 11/12 e 12/13:

Tabela 3- As últimas duas safras de soja. Fonte: Conab, 2013

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 11/12 (a)	Safra 12/13 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 11/12 (c)	Safra 12/13 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 11/12 (e)	Safra 12/13 (f)	VAR. % (f/e)
NORTE	717,6	903,6	25,9	3.027	3.055	0,9	2.172,2	2.760,4	27,1
RR	3,7	3,7	-	2.800	2.800	-	10,4	10,4	-
RO	143,5	167,7	16,9	3.221	3.216	(0,2)	462,2	539,3	16,7
PA	119,2	189,0	58,6	2.657	2.830	6,5	316,7	534,9	68,9
TO	451,2	543,2	20,4	3.065	3.085	0,7	1.382,9	1.675,8	21,2
NORDESTE	2.117,1	2.438,9	15,2	2.880	2.310	(19,8)	6.096,3	5.634,7	(7,6)
MA	559,7	610,6	9,1	2.949	2.746	(6,9)	1.650,6	1.676,7	1,6
PI	444,6	546,4	22,9	2.841	1.951	(31,3)	1.263,1	1.066,0	(15,6)
BA	1.112,8	1.281,9	15,2	2.860	2.256	(21,1)	3.182,6	2.892,0	(9,1)
CENTRO-OESTE	11.495,2	12.778,2	11,2	3.036	3.036	-	34.904,8	38.797,8	11,2
MT	6.980,5	7.818,2	12,0	3.130	3.061	(2,2)	21.849,0	23.931,5	9,5
MS	1.815,0	2.017,0	11,1	2.550	2.850	11,8	4.628,3	5.748,5	24,2
GO	2.644,7	2.888,0	9,2	3.120	3.100	(0,6)	8.251,5	8.952,8	8,5
DF	55,0	55,0	-	3.200	3.000	(6,3)	176,0	165,0	(6,3)
SUDESTE	1.606,2	1.758,2	9,5	2.899	3.099	6,9	4.656,3	5.448,2	17,0
MG	1.024,0	1.121,2	9,5	2.987	2.965	(0,7)	3.058,7	3.324,4	8,7
SP	582,2	637,0	9,4	2.744	3.334	21,5	1.597,6	2.123,8	32,9
SUL	9.106,1	9.834,4	8,0	2.037	2.979	46,2	18.553,4	29.299,5	57,9
PR	4.460,6	4.710,8	5,6	2.453	3.305	34,7	10.941,9	15.569,2	42,3
SC	448,3	505,0	12,7	2.420	3.044	25,8	1.084,9	1.537,2	41,7
RS	4.197,2	4.618,6	10,0	1.555	2.640	69,8	6.526,6	12.193,1	86,8
NORTE/NORDESTE	2.834,7	3.342,5	17,9	2.917	2.512	(13,9)	8.268,5	8.395,1	1,5
CENTRO-SUL	22.207,5	24.370,8	9,7	2.617	3.018	15,3	58.114,5	73.545,5	26,6
BRASIL	25.042,2	27.713,3	10,7	2.651	2.957	11,5	66.383,0	81.940,6	23,4

Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (apud CONAB, 2013), “as exportações somadas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2013 totalizaram 4.496,18 toneladas.”

Segundo o CONAB (2013): “O consumo interno está estimado em 42,40 milhões de toneladas, produzindo, aproximadamente, 29,73 milhões de toneladas de farelo de soja e 7,53 milhões de litros de óleo”.

1.2.2. Milho, a segunda maior cultura

O milho ocupa o segundo lugar em produção bruta. Em, 2010 o total produzido foi de 53,4 milhões de toneladas, que indicou naquele ano o crescimento de 4,8% e representando 36,4% do total (Nogueira, 2010).

Na Tabela 2, retirada de um estudo da CONAB, encontra-se um comparativo entre área cultivada e produtividade e produção total do milho entre as regiões e entre as safras 11/12 e 12/13:

Tabela 4: As últimas duas safras de milho. Fonte: Conab, 2013

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE	569,5	567,7	(0,3)	2.902	3.067	5,7	1.652,4	1.741,2	5,4
RR	6,5	6,5	-	2.000	2.000	-	13,0	13,0	-
RO	162,3	190,3	17,3	2.796	2.931	4,8	453,7	557,8	22,9
AC	43,8	46,7	6,6	2.290	2.421	5,7	100,3	113,1	12,8
AM	14,4	14,4	-	2.500	2.500	-	36,0	36,0	-
AP	2,6	2,6	-	825	889	7,8	2,1	2,3	9,5
PA	236,3	209,6	(11,3)	2.538	2.758	8,7	599,7	578,1	(3,6)
TO	103,6	97,6	(5,8)	4.321	4.518	4,6	447,6	440,9	(1,5)
NORDESTE	2.421,5	2.456,6	1,4	1.802	1.957	8,6	4.364,0	4.806,4	10,1
MA	454,6	529,1	16,4	1.609	2.027	25,9	731,6	1.072,3	46,6
PI	351,6	387,0	10,1	2.239	1.808	(19,3)	787,2	699,7	(11,1)
CE	520,6	520,6	-	142	450	216,9	73,9	234,3	217,1
RN	7,6	9,5	25,0	337	385	14,2	2,6	3,7	42,3
PB	39,8	39,8	-	106	430	305,7	4,2	17,1	307,1
PE	205,8	82,3	(25,0)	117	450	284,6	24,1	37,0	53,5
AL	29,7	29,7	-	754	893	18,4	22,4	26,5	18,3
SE	206,8	206,8	-	2.629	2.629	-	543,7	543,7	-
BA	605,0	651,8	7,7	3.594	3.333	(7,3)	2.174,3	2.172,1	(0,1)
CENTRO-OESTE	5.291,8	5.932,4	12,1	5.880	5.299	(9,9)	31.116,3	31.437,8	1,0
MT	2.739,9	3.382,4	23,4	5.697	5.122	(10,1)	15.610,4	17.323,8	11,0
MS	1.267,7	1.374,6	8,4	5.188	4.805	(7,4)	6.576,4	6.604,6	0,4
GO	1.241,9	1.131,7	(8,9)	6.905	6.328	(8,4)	8.575,9	7.161,7	(16,5)
DF	42,3	43,7	3,3	8.358	7.957	(4,8)	353,6	347,7	(1,7)
SUDESTE	2.242,3	2.177,7	(2,9)	5.708	5.727	0,3	12.800,0	12.471,3	(2,6)
MG	1.312,8	1.258,8	(4,1)	5.947	5.830	(2,0)	7.807,4	7.338,4	(6,0)
ES	31,5	28,5	(9,5)	2.429	2.450	0,9	76,5	69,8	(8,8)
RJ	6,1	5,9	(3,3)	2.435	2.392	(1,8)	14,9	14,1	(5,4)
SP	891,9	884,5	(0,8)	5.495	5.708	3,9	4.901,2	5.049,0	3,0
SUL	4.653,0	4.492,9	(3,4)	4.953	6.008	21,3	23.046,8	26.994,8	17,1
PR	3.002,8	2.958,9	(1,5)	5.580	6.191	10,9	16.757,1	18.318,3	9,3
SC	536,7	500,7	(6,7)	5.491	6.680	21,7	2.947,0	3.344,7	13,5
RS	1.113,5	1.033,3	(7,2)	3.002	5.160	71,9	3.342,7	5.331,8	59,5
NORTE/NORDESTE	2.991,0	3.024,3	1,1	2.012	2.165	7,6	6.016,4	6.547,6	8,8
CENTRO-SUL	12.187,1	12.603,0	3,4	5.495	5.626	2,4	66.963,1	70.903,9	5,9
BRASIL	15.178,1	15.627,3	3,0	4.808	4.956	3,1	72.979,5	77.451,5	6,1

1.2.3. Feijão, a terceira maior cultura

Para esta safra de feijão, já se está apurada a primeira safra no levantamento de campo realizado em março e juntado com as previsões para a segunda e terceira safras, totalizarão 2.986,7 mil toneladas (CONAB).

Na tabela 3, retirada de um estudo da CONAB encontra-se um comparativo entre área cultivada e produtividade e produção total do feijão entre as regiões e entre as safras 11/12 e 12/13:

Tabela 5: As últimas duas safras de feijão. Fonte: Conab, 2013

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 11/12 (a)	Safra 12/13 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 11/12 (c)	Safra 12/13 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 11/12 (e)	Safra 12/13 (f)	VAR. % (f/e)
NORTE	158,5	151,9	(4,1)	782	840	7,4	124,0	127,8	3,1
RR	3,0	3,0	-	667	660	(1,0)	2,0	2,0	-
RO	52,3	50,3	(3,8)	694	697	0,4	36,3	35,1	(3,3)
AC	12,6	12,3	(2,4)	600	589	(1,8)	7,6	7,2	(5,3)
AM	5,9	5,9	-	900	900	-	5,3	5,3	-
AP	1,1	1,6	45,5	840	910	8,3	0,9	1,5	66,7
PA	48,1	48,1	-	705	706	0,1	33,9	34,1	0,6
TO	35,5	30,7	(13,4)	1.071	1.386	29,4	38,0	42,6	12,1
NORDESTE	1.503,9	1.424,4	(5,3)	192	357	85,9	289,3	509,1	76,0
MA	74,7	90,1	20,6	367	459	25,1	27,4	41,4	51,1
PI	230,5	199,3	(13,5)	158	286	80,5	36,5	57,0	56,2
CE	433,6	436,7	0,7	76	317	318,3	32,9	138,5	321,0
RN	7,2	8,7	20,8	260	355	36,5	1,9	3,1	63,2
PB	36,8	36,8	-	79	250	216,5	2,9	9,2	217,2
PE	229,7	172,0	(25,1)	147	319	116,5	33,8	54,8	62,1
AL	36,1	38,1	-	460	525	14,1	16,6	19,0	14,5
SE	28,0	28,0	-	702	670	(4,6)	19,7	18,8	(4,6)
BA	427,3	416,7	(2,5)	275	401	45,8	117,6	167,3	42,3
CENTRO-OESTE	342,1	329,2	(3,8)	1.762	1.744	(1,0)	603,0	574,0	(4,8)
MT	180,8	183,1	1,3	1.241	1.501	21,0	224,4	274,9	22,5
MS	19,3	20,3	5,2	1.262	1.519	20,4	24,4	30,8	26,2
GO	126,2	109,1	(13,5)	2.441	2.217	(9,2)	308,1	241,8	(21,5)
DF	15,8	16,7	5,7	2.917	1.585	(45,7)	46,1	26,5	(42,5)
SUDESTE	608,1	554,8	(8,8)	1.666	1.468	(11,9)	1.012,8	814,6	(19,6)
MG	422,3	403,0	(4,6)	1.572	1.380	(12,2)	663,7	556,2	(16,2)
ES	18,3	14,8	(19,1)	800	809	1,2	14,6	12,0	(17,8)
RJ	3,7	3,4	(8,1)	969	968	(0,1)	3,6	3,3	(8,3)
SP	163,8	133,6	(18,4)	2.020	1.819	(10,0)	330,9	243,1	(26,5)
SUL	649,5	604,4	(6,9)	1.369	1.591	16,2	889,3	961,2	8,1
PR	481,4	454,2	(5,7)	1.408	1.631	15,8	677,9	740,6	9,2
SC	86,8	76,7	(11,6)	1.351	1.645	21,7	117,3	126,1	7,5
RS	81,3	73,5	(9,6)	1.157	1.286	11,1	94,1	94,5	0,4
NORTE/NORDESTE	1.662,4	1.576,3	(5,2)	249	404	62,2	413,3	636,9	54,1
CENTRO-SUL	1.599,7	1.488,4	(7,0)	1.566	1.579	0,8	2.505,1	2.349,8	(6,2)
BRASIL	3.262,1	3.064,7	(6,0)	895	974	8,8	2.918,4	2.986,7	2,3

1.3. O uso de fertilizantes na produção agrícola brasileira

O Brasil, segundo o FAEP (2008) “é o 4º maior mercado consumidor de fertilizantes do mundo, com demanda apresentando aspecto sazonal e 70% das vendas concentradas no 2º semestre quando se instalam as culturas de verão”.

Como resultado da expansão da cultura da soja, entre 1976 e 2007, a área destinada ao plantio de grãos cresceu 25% e, neste período em que se o incremento de uso destes insumos agrícolas foi da ordem de 70% (FAEP, 2008).

Na tabela 4, encontra-se o consumo de fertilizantes em toneladas realizado no ano de 2006:

Tabela 6: Consumo de fertilizantes em 2006.

Cultura	Consumo em 2006	
	Milhões de Toneladas	%

Soja	7,1	33,9
Milho	3,6	17,4
Cana-de-Açúcar	3,1	14,9
Café	1,6	7,6
Algodão	1,0	5,0
Outros	4,5	21,2
Total	20,9	100

Ainda segundo a FAEP (2008) “deste total, apenas 8,7 milhões de toneladas foram produzidas internamente. As demais 12,2 milhões de toneladas foram importadas”.

Com isso percebemos que devem ser acrescentadas ações que desagrem as importações. Conclui-se também que, no âmbito da produção nacional, é preciso aumentar a concorrência de mercado e a oferta de produtos.

1.4. A elevação dos preços dos fertilizantes, suas causas e consequências.

1.4.1. As causas:

O aumento de preços dos fertilizantes do ponto de vista da demanda se deve, segundo a FAEP (2008) “a elevação do consumo nos Estados Unidos, Índia e China, que já são os maiores consumidores mundiais do insumo”.

Este aumento da demanda está evidenciado na Figura 1.

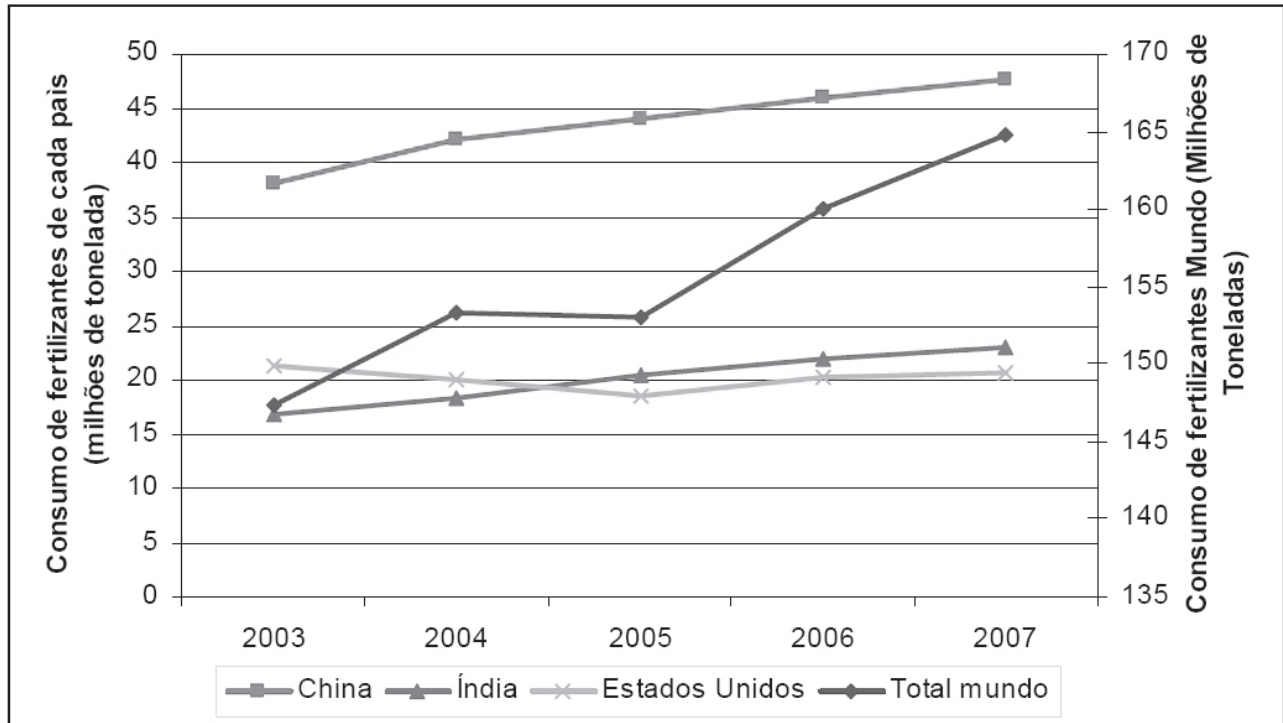


Figura 1: O aumento da demanda de fertilizantes no mundo. Fonte: IFA (apud FAEP, 2008)

Já do lado da oferta, algumas ocorrências agravaram os motivos de aumento de preços dos fertilizantes de acordo com cada componente dos fertilizantes de mistura NPK segundo a FAEP (2008):

No caso dos Nitrogenados (N), destaca-se a elevação dos preços do petróleo; No que diz respeito aos fosfatados (P), houve fechamento de fábricas nos Estados Unidos por questões ambientais; Com relação ao Potássio (K), houve a inundação da principal mina da Rússia.

Outras causas segundo o FAEP (2008) “foram o aumento de 50% nos fretes internacionais no período entre janeiro/2006 e outubro/2007 e a elevação da taxa de exportação dos fertilizantes da China em 30%”.

1.4.2. As matérias primas:

O petróleo e o gás natural são utilizados para a obtenção de amônia que é usada para a produção de fertilizantes nitrogenados. Estes, no Brasil, são produzidos exclusivamente pela Petrobrás (FAEP, 2008).

Quanto à matéria-prima dos sais de fosfato, segundo o FAEP (2008):

A rocha fosfática é extraída de depósitos naturais que se concentram, mundialmente, no Marrocos, China, Rússia e Estados Unidos, somando 67% das jazidas. O Brasil possui 2,6% das reservas mundiais, porém o material extraído tem baixo teor de fósforo. As minas em exploração são de propriedade da Fosfértil, Ultrafértil e da Bunge Serrana e concentram-se no Ceará (3%), Bahia (8%), Santa Catarina (4%), São Paulo (4%), triângulo mineiro (70%) e Goiás (11%).

Quanto à matéria-prima dos sais de potássio, segundo o FAEP (2008):

A rocha potássica é um recurso não renovável, com oferta tornando-se escassa e demanda crescendo mundialmente. As reservas concentram-se no Marrocos, (60%), China(15%), Estados Unidos (4%), África do Sul (4%) e Jordânia (2%). O Brasil apresenta apenas uma mina de potássio, em exploração pela companhia Vale do Rio Doce no estado do Sergipe, produzindo 10% do consumo total.

1.4.3. Os fertilizantes:

Na figura 2 encontra-se o preço pago pelos produtores do estado do Paraná por tonelada dos fertilizantes mais comuns:

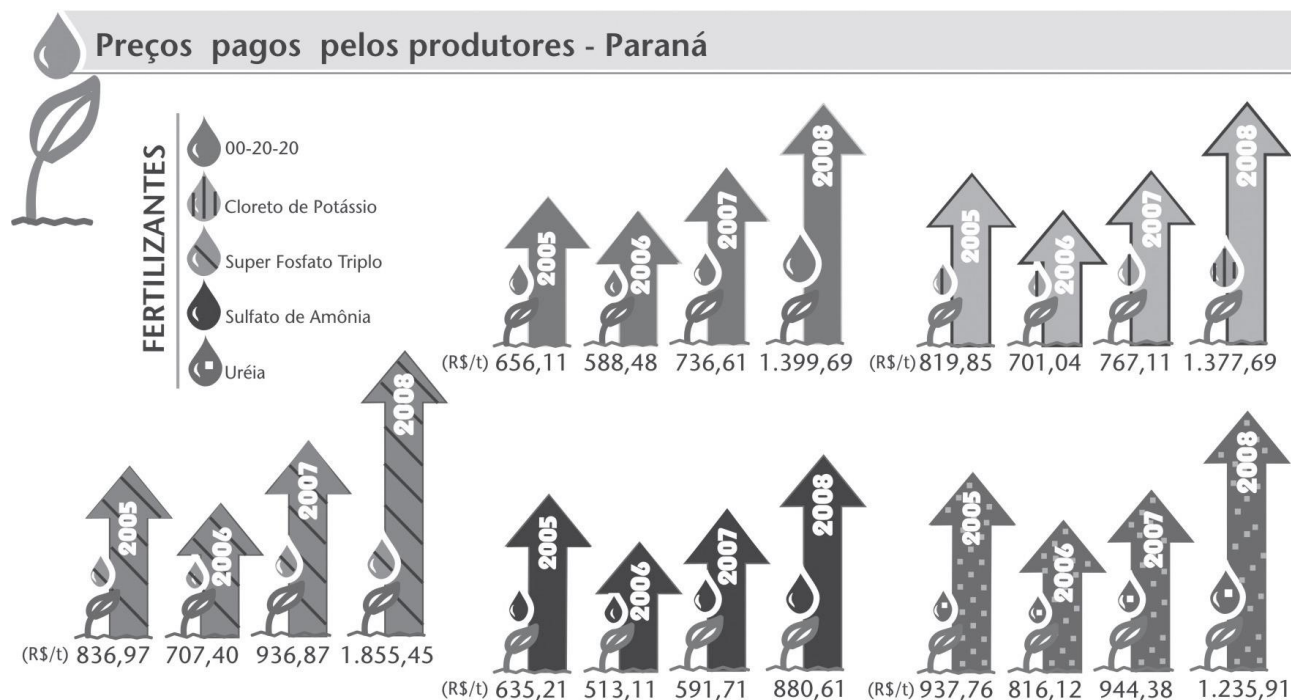


Figura 2: Preços de fertilizantes pagos pelos produtores do Paraná. Fonte: FAEP 2008

Como exemplo temos o cloreto de potássio que, teve aumento de 450% entre maio/2006 a maio/2008. Os preços deste sal passsaram de US\$ 200,00/t para US\$ 1.100,00/t (FAEP, 2008).

Na figura 3 a SIACESP mostra a evolução dos preços do cloreto de potássio:

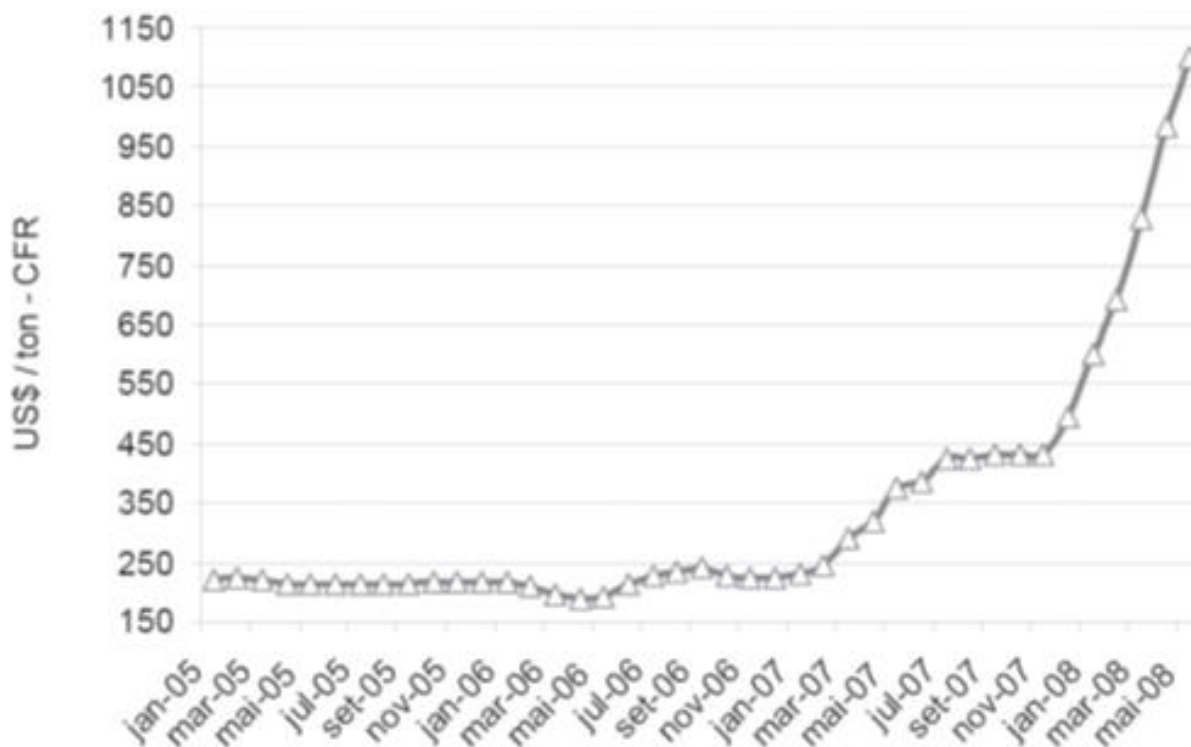


Figura 3: A evolução dos preços do cloreto de potássio. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008)

De janeiro de 2006 a dezembro de 2007, o preço da tonelada do sal mono-amônio-fosfato aumentou 106%. O preço da uréia aumentou 85% neste mesmo período (FAEP, 2008).

Na figura 4, encontra-se a evolução de preços do mono-amônio fosfato (MAP) e da uréia:

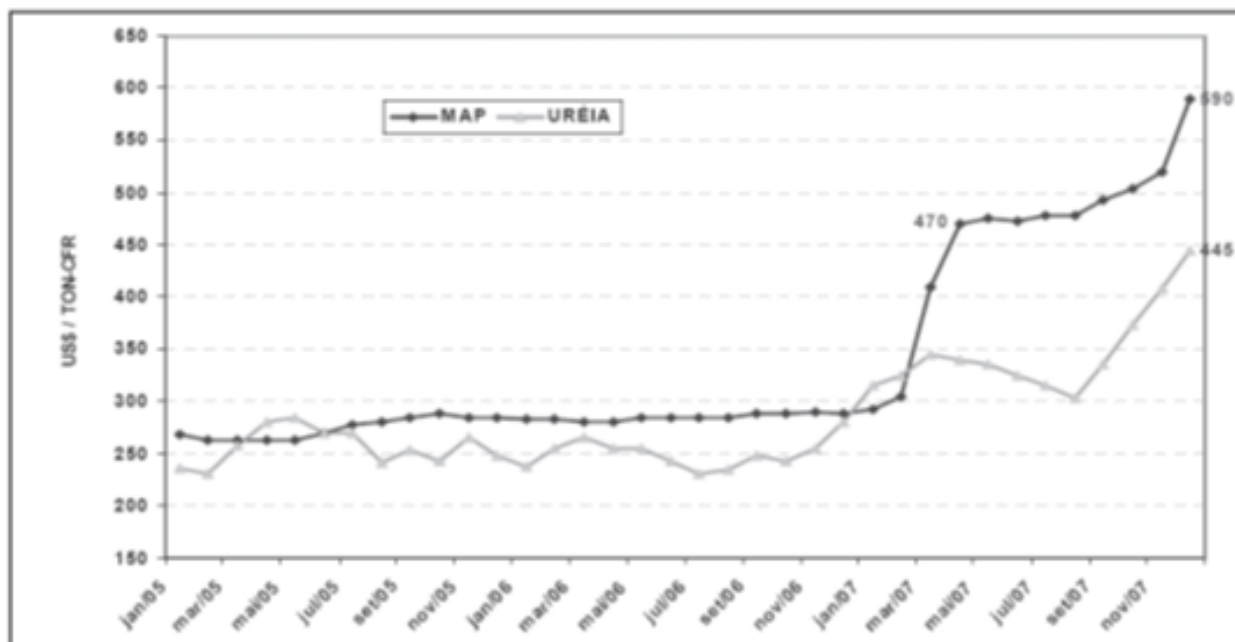


Figura 4: Evolução dos preços da uréia e do MAP. Fonte: Siacesp (apud FAEP, 2008)

Segundo o FAEP (2008) “o fertilizante mais utilizado na soja, a fórmula 0-20-20, os preços saíram de R\$ 600,00/t em 2006 e atingiram valores acima de R\$ 1.300/t em 2008: um aumento de 117%”.

Esse aumento dos preços de insumos agrícolas prejudica os produtores que poderiam obter uma rentabilidade maior devido à inflação sobre os produtos agrícolas, segundo o FAEP (2008):

Enquanto o aumento no preço dos produtos agrícolas tem sido objeto de constantes análises e caracterizado com um fator de elevação na inflação mundial, o crescimento no custo dos insumos anula os ganhos que poderiam ser obtidos com essa situação.

Ainda segundo a FAEP (2008) “Em consequência da elevação nos custos de produção, alguns produtores manifestam intenção de reduzir a utilização de insumos”.

2. Aminoácidos como agentes complexantes de íons metálicos e suas vantagens na fertilização foliar.

2.1. A importância dos fertilizantes foliares e o emprego de aminoácidos.

Quando a absorção de nutrientes via sistema radicular não se torna satisfatória, uma opção para o fornecimento de nutrientes é a aplicação de fertilizantes via foliar.

As folhas das plantas têm capacidade de absorver os nutrientes, assim como as raízes, quando são depositados em sua superfície. (LOPES, 1999).

Sabe-se, ainda que a fertilização foliar acarretam em menores custos, em rapidez de resposta das plantas e ainda na otimização de uso dos nutrientes. (OOSTERHUIS, 2001).

Dentre a gama de fertilizantes foliares, aquelas que possuem aminoácidos como agentes quelantes, tem chamado a atenção, por apresentar resultados bastante satisfatórios em pesquisas realizadas na UFPR, Unicamp e UEMS.

Os aminoácidos são a unidade monomérica das proteínas. Existem no total 20 tipos de aminoácidos.

“Todos os seres vivos (incluindo as plantas) têm como base para a sua existência os aminoácidos, pois a partir deles são sintetizadas inúmeras proteínas, enzimas além de hormônios que regulam diversas reações metabólicas” (Junior, 2005).

Em um teste realizado por Junior e apresentado no V Congresso Nacional de algodão (2005), obteve-se, através de uma análise da variância, que a produtividade de algodão em caroço foi significativamente influenciada pelos fertilizantes foliares que contém aminoácidos, no caso os fertilizantes que compõe o Programa Ajinomoto. A produtividade média da testemunha foi de 3427,2 kg/ha, enquanto que a produtividade média obtida com a aplicação dos fertilizantes do

Programa Ajinomoto foi de 3851,7 kg/ha, representando um aumento médio da produtividade de 12,4.

2.2. O papel dos micronutrientes metálicos fertilização.

A denominação de macro ou micronutriente refere-se tão somente às quantidades necessárias às plantas, uma vez que ambos são essenciais ao seu crescimento e/ou desenvolvimento. (Lucena, 2009).

Dentre os micronutrientes necessários são maioria os micronutrientes metálicos. Como exemplo temos o ferro, o zinco o manganês e o cobre.

O ferro é um elemento bastante abundante em todos os solos. Porém a clorose férrica é muito comum entre as culturas. Isso acontece pela baixa solubilidade do ferro presente nos solos e também pela alta sensibilidade de diversas culturas para esta doença. A baixa solubilidade dos óxidos férricos acontece em solos de pH's alcalinos, entre 8 e 9 (Lucena, 2009). Felizmente, em regiões tropicais, os solos geralmente são ácidos, o que ajuda a minimizar o problema da deficiência desse elemento às plantas.

Os micronutrientes zinco, manganês e cobre, além de ser encontrado em quantidades muito menores nos solos, sofrem do mesmo problema de baixa solubilidade em solos mais alcalinos. Em solos ácidos, principalmente o zinco e o manganês, ainda correm o risco de serem lavados pela chuva (Lucena, 2009).

Considerando-se que os micronutrientes são essenciais e que muitas vezes as quantidades disponíveis no solo são insuficientes para garantir o crescimento e desenvolvimento adequados das plantas, o seu fornecimento via fertilização se torna imprescindível. A fertilização foliar é uma alternativa a ser considerada, pois em alguns casos pode apresentar uma resposta rápida e economicamente vantajosa em comparação com outras estratégias de fornecimento de nutrientes. Além disso, um outro aspecto a favor da fertilização foliar é que ela não depende das características físico-químicas dos solos para apresentar uma boa eficácia.

2.3. Os agentes quelantes e complexantes e seu papel na fertilização foliar.

No quelato há um íon metálico central e ligados a ele, um determinado número de grupos coordenados (Lavorenti, 2002).

Estes são produtos de uma reação entre um ácido e uma base de Lewis. Os cátions metálicos, por seu caráter eletropositivo, exercem atração sobre íons negativos e moléculas polares (Lavorenti, 2002).

Para o ferro os quelantes utilizados mais comuns são o EDDHA, EDDHMA, EDDHSA e o EDDCHA. O EDTA e o DTPA também são utilizados mas apresentam estabilidades mais baixas para o ferro (Lucena, 2009).

Para o manganês, cobre e zinco os mais comuns são o DTPA, EDTA e o HEEDTA (Lucena, 2009).

Os agentes quelantes citados apresentam os maiores níveis de estabilidade e, por isso, os melhores resultados de eficiência de absorção via radicular. Porém para sua aplicação via foliar, não apresenta os melhores resultados.

Alguns outros agentes são denominados como complexantes, ou quelatos de baixa estabilidade. Estes funcionam da mesma forma que os agentes quelantes só que com maior labilidade. Segundo a legislação europeia são eles: lignosulfonatos, citratos, gluconatos, humatos, heptagluconatos e aminoácidos (Lucena, 2009).

Os agentes complexantes apresentam os melhores resultados na aplicação foliar, dado que sua capacidade de penetração foliar, por conta da maior labilidade liberando o íon para os sítios de absorção. (Shah, 1981).

O CEN (Comitê Europeu de Normalização) qualificou os agentes complexantes com análises de precipitação de metais não complexados e complexados em pH 9. Neste pH os metais precipitam em sua totalidade e quando aplicados com agentes complexantes a fração complexada não precipita e assim é quantificada. Foi a partir deste estudo que se deu início à classificação de moléculas como agentes complexantes para as normatizações dos fertilizantes (Lucena, 2009).

2.4. Aminoácidos como agentes complexantes de íons metálicos.

Todos aminoácidos funcionam como complexantes em diferentes graus e, portanto, ajudam na absorção foliar de diversos micronutrientes metálicos. As figuras apresentam a porcentagem de metais complexados em pH's de 4 a 12.

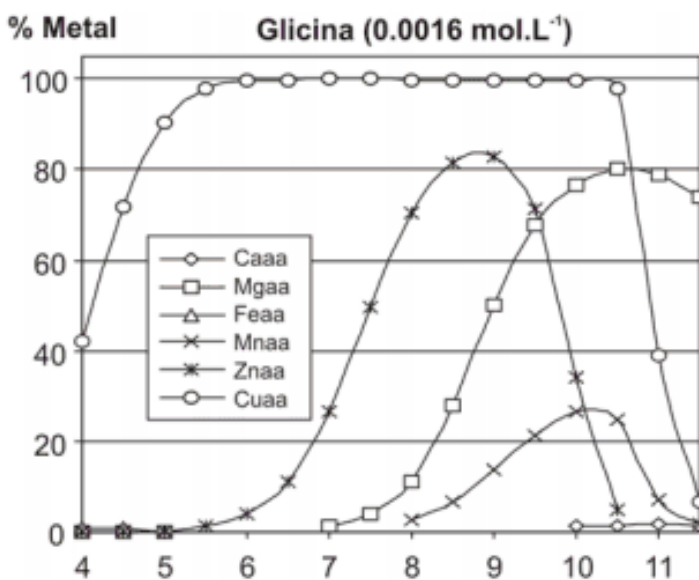


Figura 5: A glicina como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).

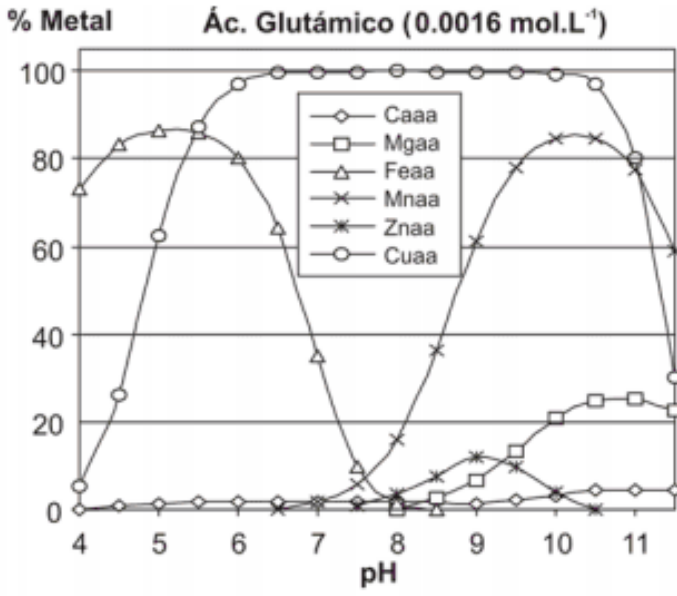


Figura 6: O ácido glutâmico como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).

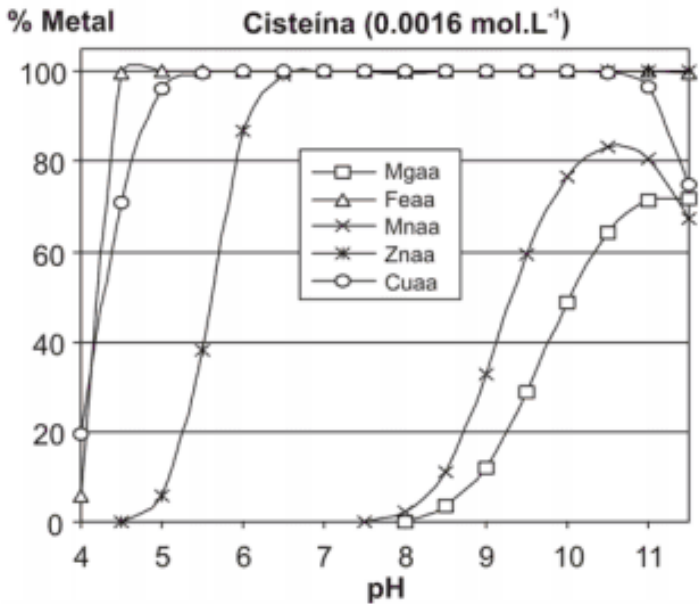


Figura 7: A cisteína como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).

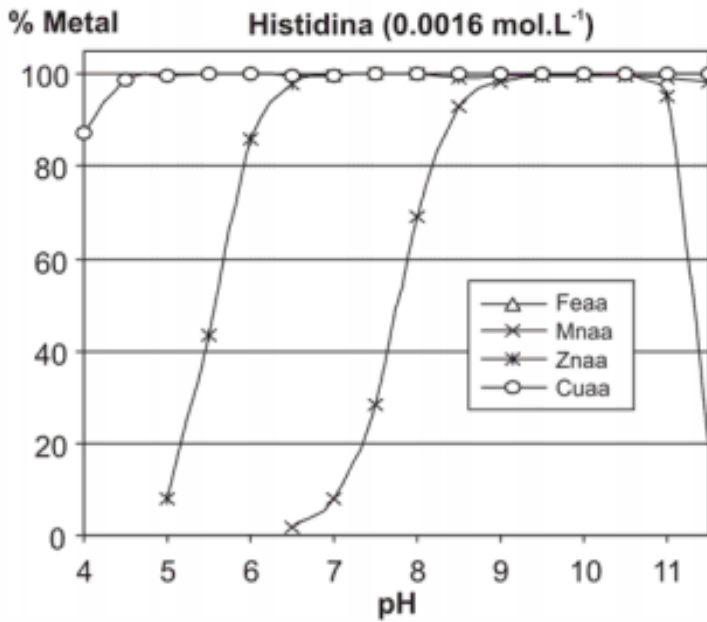


Figura 8: A histidina como complexante. Fonte: (Lucena, 2009).

Os agentes complexantes se apresentam como uma alternativa mais barata quanto aos quelatos químicos aplicados no solo.

A utilização de aminoácidos na formulação de fertilizantes foliares apresenta vários aspectos favoráveis. O primeiro deles, é o fato de serem biodegradáveis (o que implica baixa persistência no ambiente). Além disso, são bons agentes complexantes e é possível sintetizá-los bioquimicamente a partir de subprodutos da indústria sucroalcooleira como o melão de cana.

3. A produção de aminoácidos por via fermentativa direta em regime de batelada.

3.1. A motivação e o início da indústria fermentativa de aminoácidos

Em 1957 descobriu-se a produção de ácido glutâmico como produto do meio de cultivo utilizado para o crescimento de *Corynebacterium glutamicum*. Essa descoberta foi um enorme estímulo para a indústria de fermentação japonesa. Vale destacar as empresas precursoras desse tipo de segmento: Ajinomoto Co., Kyowa Hakko Co. e Tanabe Seiyaku Co (Sato *et al.*, 2001).

No ano de 1985 a produção mundial de aminoácidos através de processos fermentativos totalizou 460.000 toneladas.

Porém, devido aos avanços da Engenharia Bioquímica, a produção nos dias de hoje é ainda maior. Segundo Sato *et al.* (2001) podemos destacar como as principais melhorias nos processos fermentativos:

“(...) o desenvolvimento de cultivos de produção melhorada, com uso de cepas desreprimidas mediante técnicas de DNA recombinante e de fusão de protoplastos aos métodos atualmente de mutação; a combinação de síntese química com processos microbianos e enzimáticos; a otimização das condições de aumento de escalas e por fim a adaptação dos processos existentes para a utilização de matérias-primas mais baratas.”

Além da utilização nos fertilizantes, o uso comercial dos aminoácidos está na indústria de alimentação humana e animal. Na indústria de alimentos além do enriquecimento serve também como realçador de sabor e na indústria química serve como matéria-prima de diversos compostos (Sato *et al.*, 2001).

Vale ressaltar ainda a utilização de aminoácidos como substrato na produção de herbicidas como a glicina que funciona como substrato para o glifosato. O aspartil e a fenilalanina são precursores do edulcorante aspartame.

3.2. As diferentes formas de produção de aminoácidos.

Segundo Sato *et al.* (2001) existem 3 tipos diferentes de produção de aminoácidos

- Extração de aminoácidos a partir de hidrolizados protéicos. Esse método é utilizado para obtenção de L-cisteína, L-cistina, L-leucina, L-aspargina e L-tirosina.
- Síntese química. Algumas vezes é mais barata que a síntese microbiana, porém o produto é obtido em uma mistura racêmica, opticamente inativa de isômeros D e L.
- A produção microbiológica, que será foco neste trabalho.

Dentre a produção microbiológica temos ainda três tipos de enfoque segundo Sato *et al.*(2001):

- Fermentação direta, que será foco no trabalho. Pode-se utilizar diferentes fontes de carbono como glicose, melação, acetato, glicerol entre outros.
- Conversão de produtos intermediários em aminoácidos.
- Uso de enzimas ou células imobilizadas em produção contínua.

3.3. A importância da cepa utilizada na otimização do rendimento da fermentação.

Segundo Sato *et al.* (2001) a maior dificuldade na fermentação de aminoácidos está na inibição da auto-regulação da via metabólica.

Para contornar este problema alguns dos métodos utilizados são o uso de mutantes auxótrofos. Estes, não podem formar os produtos finais a partir dos compostos iniciais e excretam os intermediários. Outro método é o uso de mutantes regulatórios, que possuem uma enzima-chave que não é afetada pela retroregulação. Por fim a utilização da recombinação genética para combinar mutantes auxótrofos e regulatórios utilizando transdução de fagos e/ou fusão de protoplastos (Sato *et al.*, 2001).

Além das técnicas citadas acima tem-se tentado através da tecnologia de DNA recombinante a amplificação da dose gênica que conduz ao aumento da quantidade de enzima produzida.

Os dois aminoácidos mais produzidos pela indústria das fermentação estão englobados neste trabalho, o L-glutamato e a L-lisina.

Tabela 7: Produção anual e métodos de produção de aminoácidos. Fonte: Sato et al., 2001

Métodos de produção:			
1. Extração de hidrolisados de proteínas; 2. Síntese química; 3a. Fermentação direta; 3b. Transformação microbiana de precursores; 3c. Uso de enzimas ou células imobilizadas.			
Aminoácido	Produção anual (toneladas métricas)	Métodos de produção	Aplicação
D,L-alanina	700	2	Aumento do sabor (Produção de bebidas)
L-arginina	1.000	3a, 1	Infusões, terapia (doenças do fígado) Cosméticos
Acido L-aspartico	4.000	3c, 1	Terapia Aumento do sabor Produção de aspartame
L-cistefna	700	1	Produção de pão Antioxidante Terapia (bronquite)
Acido L-glutâmico	370.000	3	Aumento do sabor
L-Lisina	70.000	3a, 3c	Aditivo de ração Infusões
D,L-metionina	70.000	2	Aditivo de ração
L-Ornitina	50	3a, 3c	Terapia do fígado
L-fenilalanina	3.000	3a, 3c	Infusões, terapia Produção de aspartame

Tabela 8: Produção de aminoácidos por fermentação direta. Fonte: Sato et al., 2001

Aminoácido	Cepa utilizada	Características genéticas	Rendimento (g/L)	Fonte carbono
D,L-alanina	<i>Microbacterium ammoniaphilum</i>	ArgHx ^r	60	Glicose
A. glutâmico	<i>Corynebacterium glutamicum</i> <i>Brevibacterium flavum</i> <i>Aerobacter paraffineus</i>	Cepa silvestre	100	Glicose
			98	Acetato
			82	n-alcanos
L-Lisina	<i>B. lactofermentum</i> AJ 11204 <i>B. flavum</i>	AEC ^r Ala- CCL ^r ML ^r FP ^s Hom ^{Loaky} Thr ⁻	70	Glicose
			75	Acetato
L-metionina	<i>C. glutamicum</i> KY 9276	Thr ⁻ Eth ^l MetHx ^r	2	Glicose
L-triptofano	<i>E. coli</i> JP 4114	rDNA	23,5	Glicose

3.4. Aspectos gerais da fermentação direta para a produção de aminoácidos

Comercialmente a produção de aminoácidos acontece em processo descontínuo com duração entre 2 a 4 dias. Os fermentadores possuem capacidade de até 450 m³. A produção em processo contínuo ainda não tem sido utilizado em plantas comerciais (Sato et al., 2001).

Infecção por bacteriófagos é a principal causa de perda de produção. Por isso, o controle de esterilização de equipamentos e do meio se tornam muito importantes. Também essa contaminação pode ser evitada utilizando tanto cepas resistentes como agentes químicos anti-virais (Sato et al., 2001).

Trata-se de uma fermentação aeróbica. O precursor dos aminoácidos é o alfa-cetoglutarato, intermediário bioquímico de 5 carbonos do ciclo do ácido cítrico. É um processo, portanto, de alta atividade de respiração exigindo grandes quantidades de oxigênio. As variáveis de oxigenação do meio dependem das cepas utilizadas.

A temperatura e pH ótimo também variam conforme a cepa utilizada mas variam de 28 a 38°C e de 6,8 a 8,0 respectivamente.

Como toda fermentação, trata-se de uma reação exotérmica necessitando dissipar o calor produzido. Para o controle do pH utiliza-se amônia gasosa. A amônia também pode ser consumida como fonte de nitrogênio (Sato *et al.*, 2001).

Em alguns casos são utilizados biossensores de alguns aminoácidos. Para o L-glutamato a o biosensor é a glutamina-sintetase obtida de *Bacillus stearothermophilus* (Sato *et al.*, 2001).

Ao final da fermentação utiliza-se centrifugação para separar a biomassa do meio de cultura. O aminoácido pode ser recuperado por precipitação em seu ponto isoelétrico, através de coluna de troca iônica, eletrodialise ou extração com solventes orgânicos (Sato *et al.*, 2001).

3.5. A produção de ácido glutâmico

Apesar da possibilidade de produzi-lo por via química, segundo Sato *et al.* (2001) a grande vantagem da fermentação microbiana é a obtenção de apenas do isômero desejado, e não da mistura racêmica, como acontece na síntese química.

A fermentação ocorre por ação bacteriana. Os exemplos de microrganismos são do gênero: *Corynebacterium*, *Brevibacterium*, *Microbacterium* e *Arthrobacterium*. São bactérias gram-positivas, não-esporulantes e imóveis. Têm-se obtido sucesso no melhoramento genético da *Corynebacterium glutamicum*, principalmente, e também com a clonagem do DNA de *Brevibacterium* sp. e *Corynebacterium* sp (Sato *et al.*, 2001).

Nesta fermentação a glicose entra na via-glicolítica ou na via das pentoses-fosfato e os intermediários químicos são direcionados para o ciclo do ácido cítrico (Sato *et al.*, 2001).

A fonte de carbono pode ser de diversas formas, seguindo sempre para o o ciclo do ácido cítrico através do piruvato, caso seja o etanol, lactato, ou através do ciclo do glioxilato, caso seja o acetato, ou ainda por vias anapleróticas (Sato *et al.*, 2001).

Do ciclo do ácido cítrico sai o alfa-ceto-glutarato, que é o intermediário-chave para a produção de glutamato. Acontece por aminação redutiva com íons NH_4^+ livres. Esta reação é catalisada pela glutamato desidrogenase, que é NADPH_2 dependente. Este NADPH_2 é consumido, mas é regenerado na etapa do ciclo do ácido cítrico em que Isocitrato é convertido em alfa-cetoglutarato com a liberação de 1 molécula de CO_2 (Sato *et al.*, 2001).

Numa visão geral, 1 mol de glicose gera 1 mol de ácido glutâmico. O rendimento real varia de 0,5 a 0,7.

3.5.1. Efeitos da permeabilidade.

As bactérias produtoras de ácido glutâmico não secretam de maneira significativa o aminoácido produzido.

Uma das maneiras para se contornar esse problema segundo Sato *et al.* (2001) é a utilização de meios de cultura com baixas concentrações de biotina, dessa forma a produção de ácido oléico na bactéria acontece de maneira deficiente acarretando em uma membrana celular com deficiência em fosfolipídios. Uma membrana com alto conteúdo de fosfolipídios é incapaz de secretar ácido glutâmico. Dessa forma o ácido glutâmico se acumula dentro da célula realizando a retroinibição da sua produção. Entre 25 a 35 mg de ácido glutâmico podem ser armazenados por μg de peso seco.

Outra maneira de permeabilizar a membrana da bactéria é a adição de penicilina na fase logarítmica de crescimento . A concentração de penicilina selecionada é de 5 a 300 unidades/ml depois de 8 a 12 horas depois da inoculação. Com a penicilina se torna possível a fermentação em meios com alta concentração de biotina que, geralmente, são mais baratos, como o melaço de cana (Sato *et al.*, 2001).

3.5.2. Condições de fermentação.

As bactérias produtoras de ácido glutâmico não secretam de maneira significativa o aminoácido produzido.

Uma das maneiras para se contornar esse problema segundo Sato *et al.* (2001) é a utilização de meios de cultura com baixas concentrações de biotina, dessa forma a produção de ácido oléico na bactéria acontece de maneira deficiente acarretando em uma membrana celular com deficiência em fosfolipídios. Uma membrana com alto conteúdo de fosfolipídios é incapaz de secretar ácido glutâmico. Dessa forma o ácido glutâmico se acumula dentro da célula realizando a retroinibição da sua produção. Entre 25 a 35 mg de ácido glutâmico podem ser armazenados por μg de peso seco.

Outra maneira de permeabilizar a membrana da bactéria é a adição de penicilina na fase logarítmica de crescimento . A concentração de penicilina selecionada é de 5 a 300 unidades/ml depois de 8 a 12 horas depois da inoculação. Com a penicilina se torna possível a fermentação em meios com alta concentração de biotina que, geralmente, são mais baratos, como o melaço de cana (Sato *et al.*, 2001).

Em condições ótimas de cultivo o $Y_{P/S}$ varia entre 0,5 a 0,6.

Segundo Sato *et al.* (2001) as características para a fermentação estão citadas abaixo:

1. Como fontes de carbono podem ser utilizados:
 - os monossacarídeos: glicose, frutose, xilose e ribose;
 - os dissacarídeos: frutose e maltose;
 - o acetato e o acetaldeído;
 - os álcoois metanol e etanol;
 - n-alcanos.

2. As fontes naturais variam entre o melaço de cana e de beterraba e também o hidrolisado de amido.

3. Como fontes de nitrogênio se utiliza os sais de amônio, ou o próprio amônio, ou ainda a uréia.

4. Caso não seja utilizada a penicilina para enfraquecimento da membrana a concentração ótima para a biotina é de 5µg/l (em meios com cerca de 10% de glicose).
5. Para a aeração utiliza-se um Kd de aproximadamente $3,5 \times 10^{-6}$ moles O_2 /atm.min.ml. A concentração muito acima ou muito abaixo deste valor leva a menores rendimentos para o ácido glutâmico.

Segundo Sato *et al.* (2001) uma fermentação a partir de *Brevibacterium divaricatum* utiliza as seguintes formulações:

- Meio para inóculo: glicose 40 g; K_2PO_4 1,0 g; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5 g; extrato de levedura 1,0 g; uréia 8,0 g; água destilada q.s.p. 1 L. 16 h de incubação a 35°C.
- Meio para fermentação: glicose 121 g; acetato de amônio 5,0 g; melão da sacarificação do amido 6,0 g; KH_2PO_4 1,2 g; K_2SO_4 1,2 g; $MgSO_4$ 6,0g; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 6ppm; $MnSO_4$ 6ppm; agente antiespumante Hodag K67; água destilada q.s.p. 1L. O volume de inóculo é de 6%.

No início da fermentação a temperatura é mantida em 32°C e pH é mantido em 7,8 com amônio. Depois do início do crescimento (após 14 horas) a temperatura é mantida em 38°C. A glicose é alimentada de forma que a emissão de CO_2 não ultrapasse 4,5% da emissão em volume. Como regra finaliza-se a fermentação com um rendimento de 100g/l. (Sato *et al.*, 2001)

3.6. A produção de lisina

A produção de lisina com os maiores rendimentos são obtidas por fermentação direta é realizada por *B. Lactofermentum* e *Corynebacterium sp.*

Através da engenharia genética, é possível fazer a inserção do plasmídio pBR322 em *E. Coli* gerando um aumento significativo na produção de lisina por parte da bactéria (Sato *et al.*, 2001).

Segundo Sato *et al.* (2001) existem duas vias metabólicas possíveis para a obtenção de lisina. Bactérias, actinomicetos e cianobactérias utilizam a via do ácido diaminopimérico. Os ascomicetos e basidiomicetos utilizam a via do ácido aminoadípico.

A via de maior importância industrial é a via do ácido diaminopimérico (DAP) e está representada na figura abaixo:

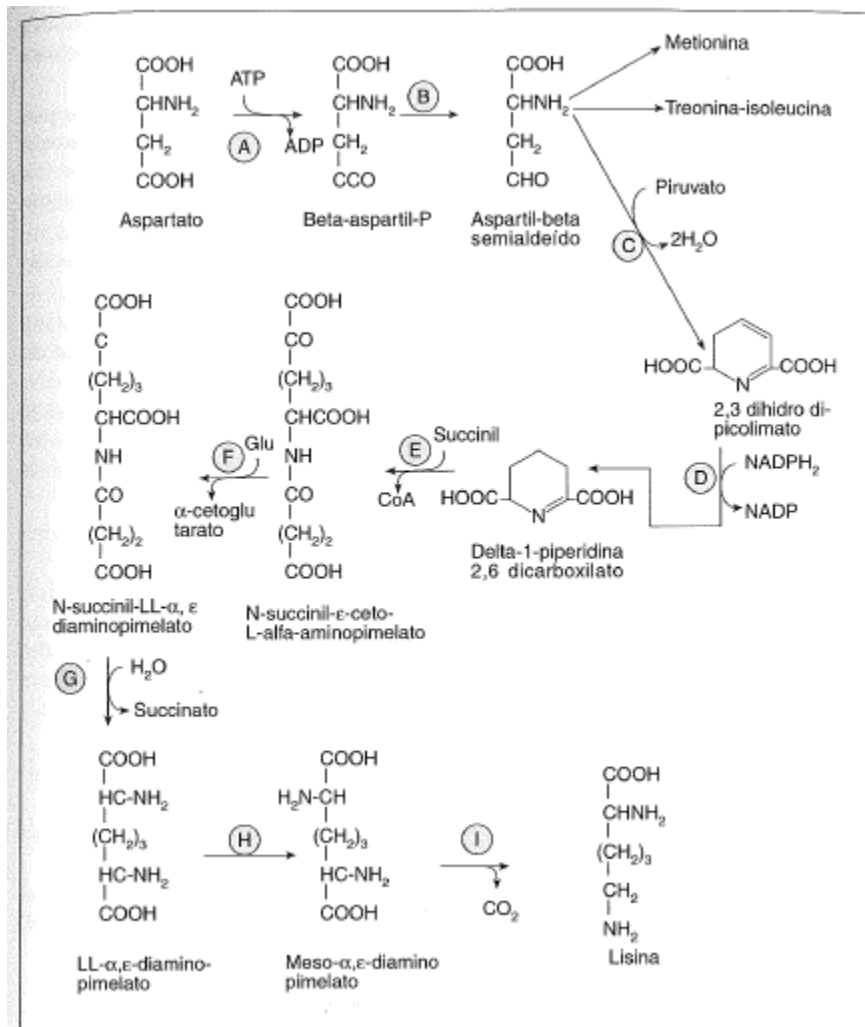


Figura 9: Via DAP. Fonte: Sato et al., 2001

Segundo Sato *et al.* (2001) esta via é controlada por processos regulatórios de retroinibição. A retroinibição é dada pelos aminoácidos metionina, treonina, isoleucina e lisina. Esse processo regulatório envolve 6 enzimas, duas isoenzimas de homoserina desidrogenase, três isoenzimas de aspartoquinase e a enzima α -dihidropicolinato

sintetase. Todos esses mecanismos devem ser inibidos para a otimização da produção de lisina.

3.6.1. Condições de fermentação.

O melaço de cana é a fonte de carbono mais comum mas também podem ser utilizados o acetato, etanol ou alcanos.

Como fonte de nitrogênio é utilizado amônia gasosa ou sais de amônio. A concentração de biotina no meio deve ser cerca de 30 µg/l (Sato *et al.*, 2001).

O $Y_{P/S}$ de uma fermentação otimizada varia 0,3 a 0,4.

Segundo Sato *et al.* (2001) a fermentação a partir de *C. Glutamicum* utiliza os seguintes meios:

- Meio para inóculo: glicose 20 g; peptona 10 g; extrato de carne 5 g; NaCl 2,5 g e água q.s.p. 1 L. 16 h de incubação a 28°C.
- Meio para fermentação: melaço de cana de açúcar 200 g; hidrolizado de proteína de soja 18 g e água q.s.p. 1L. O volume de inóculo é de 6%.

O pH deve ser mantido neutro com a amônia gasosa, velocidade de agitação de 150 rpm e a aeração mantida em 0,6 vvm, a temperatura mantida a 28°C e tem duração de cerca de 60 horas.

Conclusão

Aminoácidos apresentam resultados positivos em aplicações na forma de fertilizantes em diversos estudos (Morgor, 2008), (Junior, 2005). Atuam como agentes

quelantes e facilitam a absorção de micronutrientes via foliar. Representam também uma opção de menores custos e de baixo índice de permanência no meio ambiente (Lucena, 2008).

O mundo enfrenta um cenário onde os produtores agrícolas compram mais insumos agrícolas e os preços dos fertilizantes sobe (FAEP, 2008).

Dentro deste cenário, estão colocadas as indústrias de fermentação. Os aminoácidos L-glutamato e L-lisina, são produzidos em grandes quantidades através deste segmento industrial (Sato *et al.*, 2001), e já aplicados em formulações de fertilizantes foliares.

Esta produção consiste em grande parte por fermentação direta através de bactérias do gênero *corynebacterium* e *brevibacterium*. Esta fermentação possui como principais obstáculos o baixo nível de expressão dos aminoácidos e sua retro-regulação em variadas enzimas-chave (Sato *et al.*, 2001). Essas dificuldades são minimizadas com o desenvolvimento de cepas geneticamente modificadas, utilizando técnicas de inserção plasmidial e controle de biotina ou adição de penicilina no meio de fermentação (Sato *et al.*, 2001)

Referências Bibliográficas

CONAB. **Grãos, sétimo levantamento.** Acompanhamento da safra brasileira, 2008. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_27_26_boletim_graos_abril_2013.pdf> Acessado em: Abril, 2013.

FAEP. **Fertilizantes**. Encarte Especial, Nº1016, 2008. Disponível em:

<http://www.faep.com.br/boletim/bi1016/encarte_1016.pdf> Acessado em Abril, 2013.

JUNIOR, R. A. R. **Produtividade da cultura de algodão em função da pulverização foliar com aminoácidos**. V Congresso Brasileiro de algodão. 2005

LAVORENTI, A. **Equilíbrio dos complexos e Quelatos**. Publicação destinada ao ensino de ciências – química, ESALQ . Universidade de São Paulo. 2002.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofia de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999.58 p. (Boletim Técnico, 8).

LUCENA, J. J. **El Empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes**. Revista Ceres 56(4), p. 527 – 535. 2009

NOGUEIRA, A. C. L. **A safra de grãos 2009-2010**. Informações FIPE, Nº 358, p. 3-5, 2010. Disponível em:

<http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2010/7_bif358.pdf> Acessado em Abril, 2013.

MORGOR, A. F. **Aplicação foliar com extrato de alga , ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro**. Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.4, p.431-437, 2008.

OOSTERHUIS, D. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agrônomicas**, n. 95, p.18 – 24, 2001.

SATO, S. *et al.* **Produção de Aminoácidos**. Biotecnologia Industrial, V3, p 155 – 177. Editora Edgard Blucher LTDA. 2001.

SHAH, B. G. **Chelating agents and bioavailability of minerals.** Nutricion research ,
Vol 1. Pp 617 – 622. Pergamon Press LTDA. USA, 1982.