

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM SUPERFICIAIS NA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ E FEIJÃO NO
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

SIMONE APARECIDA DE OLIVEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia - Área de Concentração em
Agricultura.

BOTUCATU -SP
Março de 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM SUPERFICIAIS NA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ E FEIJÃO NO
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

SIMONE APARECIDA DE OLIVEIRA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof.Dr. Cláudio Cavariani

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia - Área de Concentração em
Agricultura.

BOTUCATU -SP
Março de 2005

Aos meus pais,
Francisco e Maria José,
pelo amor, educação e apoio,
OFEREÇO E DEDICO.

Aos meus irmãos,
Sirlene e Fausto, pela amizade e
carinho.
MINHA CONSIDERAÇÃO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela minha existência aqui e pela força espiritual;

Ao Erik Alessandro Correa, pelo amor, carinho, amizade e companheirismo;

Ao Professores Dr. Cláudio Cavariani e Dr. Carlos Alexandre da Costa Crusciol, pela orientação e amizade;

Aos professores Dr. Geraldo José Aparecido Dario, Dr. João Nakagawa, Dr. Marco Eustáquio de Sá e Dr. Walter Rodrigues da Silva, pelas críticas e sugestões que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho;

Aos professores Dr. Maurício Dutra Zanotto e Dra. Ana Maria Fioravante, pelo apoio e auxílio nas análises estatísticas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida;

Aos docentes e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP – Campus de Botucatu, pelos ensinamentos recebidos;

À Faculdade de Engenharia de Ciências Agrônômicas / UNESP pela oportunidade de formação e aperfeiçoamento;

Aos laboratoristas do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura da FCA/UNESP dos Laboratórios de Análise Tecnológica de Sementes e Relações Solo-Planta: Valeria Giandoni e Dorival Pires de Arruda pelo apoio neste trabalho e em outras atividades exercidas durante o curso;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura da FCA/UNESP pelo apoio na coleta de sementes, implantação, coleta de dados e condução do experimento;

Aos amigos e aos colegas de curso: Sandra Aparecida de Souza, Flávio Augusto Silveira Amaral, Dolorice Moreti, Juliana Barilli, Edson Cabral da Silva, Lázara Maria Cabral Rogério Peres Soratto, pela amizade e apoio;

Aos funcionários da biblioteca da FCA/UNESP pelo apoio concedido;

Enfim a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Calagem, gessagem e adubação na produção das culturas.....	3
2.2. Calagem, gessagem e adubação na produção e qualidade de sementes.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Localização, clima, solo e histórico da área experimental.....	11
3.2. Instalação dos experimentos.....	15
3.3. Condução dos experimentos.....	16
A. Cultivo do arroz (verão de 2002/2003).....	16
B. Cultivo da aveia preta (inverno de 2003).....	17
C. Cultivo do feijão (verão de 2003/2004).....	17
3.4. Avaliações.....	18
A. Arroz.....	18
B. Feijão.....	21
3.5. Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Produção e qualidade de sementes de arroz.....	25
4.2. Produção e qualidade de sementes de feijão.....	42
5. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima, registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2002/2003 e 2003/2004...	14
TABELA 1. Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento.....	12
TABELA 2. Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.....	13
TABELA 3. Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).....	26
TABELA 4 Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).....	27
TABELA 5. Análise de variância (teste F) dos dados de produção e teor de água, na colheita (0 mês), e qualidade de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	28
TABELA 6. Dados médios de produção, teor de água, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	30
TABELA 7. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) de produção, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	31
TABELA 8. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	32

TABELA 9. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	33
TABELA 10. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	35
TABELA 11. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	36
TABELA 12. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	38
TABELA 13. Análise de variância (teste F) dos dados de teor de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	39
TABELA 14. Dados médios de teores de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	40
TABELA 15. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) de teores de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	41
TABELA 16. Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).....	42

TABELA 17. Análise de variância (teste F) dos dados de produção e teor de água, na colheita (0 mês), e qualidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	43
TABELA 18. Dados médios de produção, teor de água e massa de 1000 de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	44
TABELA 19. Dados médios do teste de uniformidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	45
TABELA 20. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) de massa de 1000 e teste de uniformidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	46
TABELA 21. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	47
TABELA 22. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	49
TABELA 23. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).....	50
TABELA 24. Análise de variância (teste F) dos dados de teor nutrientes em sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	51

TABELA 25. Dados médios de teores de nutrientes em sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	52
TABELA 26. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) de teores de nutrientes de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).....	53

EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM SUPERFICIAIS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ E FEIJÃO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Autor: Simone Aparecida de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cavariani

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos da calagem e da gessagem superficiais durante a implantação de sistema de plantio direto, sobre a produção e qualidade das sementes de arroz e feijão. Assim, foi instalado um experimento na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), sobre Latossolo Vermelho distrófico utilizando-se o arroz de terras altas (cv. IAC 202, no ano de 2002/2003) e feijão (cv. Pérola, no ano de 2003/2004). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas e quatro blocos. As parcelas constituídas por doses de calcário dolomítico (0, 1, 1, 2, 7 e 4,3 t ha⁻¹) e, as subparcelas por doses (0 e 2,1 t ha⁻¹) de gesso agrícola. Foram avaliadas a produção, a massa, o vigor (aos 0 e 6 meses de armazenamento) e o teor de macronutrientes das sementes. A aplicação de calcário melhora as características químicas do solo e contribui, assim, para o aumento na produção de sementes de arroz com boa qualidade fisiológica. A combinação de calcário e gesso tem efeito positivo sobre a produção e os teores de Ca, Mg e S das sementes de arroz. O calcário não tem efeito sobre a produção de sementes de feijão, em sucessão ao arroz, como decorrência da provável estabilização das características químicas do solo, o que pode contribuir para aumentar a produção de sementes de maior tamanho e de boa qualidade. A aplicação de calcário, juntamente com o gesso, foi benéfica para o aumento no tamanho e teor de nutrientes das sementes de feijão.

Termos para indexação: calcário, gesso, qualidade de sementes, teor de nutrientes.

EFFECTS OF THE LIMING AND GYPSUM IN SURFACE ON THE SEEDS PRODUCTION AND QUALITY OF RICE AND BEAN ON THE NO TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT - This work had the objective to evaluate the reply of rice and beans to the superficial liming and gypsum in the implantation of no tillage system, on the production and quality of seeds. Thus, an experiment was installed in the Fazenda Experimental Lageado, pertaining to the Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, located in Botucatu (SP), on Latossolo Vermelho distrófico using the high land rice (cv. IAC 202, in the year of 2002/2003) and beans (cv. Pérola, in the year of 2003/2004). The used experimental design was randomized blocks with parcels subdivided and four blocks. Being the parcels consisting of four rates dolomitic limestone (0, 1.1, 2,7 and 4,3 t ha⁻¹), and subparcels constituted by the absence or application of 2,1 t ha⁻¹ of gypsum. Evaluations had been carried through of: production, mass of 1000, tests of vigor (to the 0 and 6 months of storage) and of macronutrients content of the seeds of rice and beans. The limestone application improves the chemical characteristics of the soil and it contributes, like this, for the increase in the production of seeds of rice with good physiologic quality. The limestone and gypsum combination has positive effect on the production and the content of Ca, Mg and S of the seeds of rice. The limestone doesn't have effect on the production of bean seeds, in succession to the rice, as consequence of the probable stabilization of the chemical characteristics of the soil, what can contribute to increase the production of larger seeds and of good quality. The limestone application, together with the gypsum, it was beneficial for the increase in the size and content of nutrients of the bean seeds.

Index terms: limestone, gypsum, seeds quality, nutrients content.

1. INTRODUÇÃO

O arroz, assim como o feijão são alimentos básicos na dieta alimentar da população brasileira. Assim, tecnologias que proporcionem elevações de produção de ambas as espécies continuam a merecer atenção da pesquisa agrícola visando o alcance da autosuficiência.

No sistema de plantio direto, o não revolvimento do solo e o acúmulo de resíduos vegetais e de fertilizantes na superfície podem acelerar o processo de acidificação. Portanto, do mesmo modo que no sistema de cultivo convencional, no plantio direto existe, também, a necessidade de aplicação de insumos, como corretivos de acidez.

A calagem não corrige a acidez e a deficiência de cálcio da subsuperfície em tempo razoável para evitar que o agricultor corra grandes riscos de redução de produtividade devido aos veranicos, pois as raízes das plantas somente desenvolvem-se onde o calcário foi incorporado (Sousa et al., 1996). Porém, trabalhos recentes têm mostrado a viabilidade de correção da acidez do solo e a neutralização do Al^{+3} com aplicação de calcário e gesso em superfície, como uma solução para este problema, em áreas em que será implantado o plantio direto ou já cultivados sob esse sistema. A maioria dos trabalhos nesta área referem-se, todavia, ao comportamento das culturas da soja, do milho, do trigo e da aveia.

Segundo Vitti et al. (1986), o gesso agrícola tem dupla função, pois, além de fonte de cálcio e de enxofre para as culturas, neutraliza o excesso de alumínio tóxico de subsuperfície e enriquece em cálcio as camadas mais profundas do solo, permitindo assim o

maior desenvolvimento do sistema radicular, e conseqüentes elevações da resistência à seca e do aproveitamento dos nutrientes do solo.

Com relação à cultura do arroz de terras altas e do feijão, existem estudos sobre as ações da calagem no desenvolvimento da planta, na produção e na qualidade de sementes. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos da calagem e da gessagem superficiais, durante a implantação do sistema de plantio direto, sobre a produção e a qualidade de sementes de arroz e de feijão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Calagem, gessagem e adubação na produção das culturas

Após a introdução da cultura de arroz nas áreas de várzea, diversos trabalhos procuraram desenvolver tecnologias que possibilitassem a exploração racional de outras culturas nessas áreas, viabilizando sua exploração mais intensiva e maior retorno econômico ao produtor. Uma destas culturas foi o feijão, em sucessão ao cultivo do arroz durante o inverno (Silva, 1980).

O elevado teor de alumínio e manganês trocáveis em solos ácidos, prejudicando o desenvolvimento das plantas do feijoeiro, requer o uso adequado dos corretivos agrícolas (Vale & Nakagawa, 1996). Assim, a aplicação de calcário eleva o pH e a saturação por bases, reduz o alumínio e o manganês trocáveis, fornece cálcio e magnésio e coopera para o estabelecimento de condições no solo favoráveis aos microrganismos (Quaggio, 1985).

Desse modo, o fornecimento de cálcio e magnésio, através da calagem, pode elevar a produtividade da cultura, e ainda, melhorar a qualidade do feijão colhido (Fonseca et al., 1974).

De acordo com Duarte et al. (1999), em condições de baixa fertilidade natural e toxidez de manganês deve-se aplicar calcário dolomítico para correção do solo, independentemente do cultivar utilizado.

Fageria (2000) verificou maior produção, em arroz de terras altas, quando o pH da camada arável do solo encontrava-se em torno de 5,4 e diminuição na produção de grãos com a elevação do pH acima dessa faixa.

A rotação de culturas favorece a reciclagem de nutrientes necessária em regiões tropicais e subtropicais, em virtude da intensa lixiviação de Ca, Mg e K (Santos & Roman, 1989). Segundo esses autores, a intensidade da reciclagem dos nutrientes depende da eficiência da espécie para absorver íons e explorar o solo em profundidade.

Em solos não preparados, como os verificados em sistema de plantio direto, a ação corretiva, da aplicação superficial do calcário, é limitada pela reduzida mobilidade do calcário no perfil do solo (Raij et al., 1996). Assim, a aplicação de gesso na superfície do solo tem sido proposta como uma alternativa para promover a lixiviação do cálcio e conseqüente decréscimo na saturação de alumínio do subsolo, facilitando o crescimento das raízes e o maior aproveitamento de água e de nutrientes pelas plantas (Ritchey et al., 1980; Farina & Channon, 1988; Sousa et al., 1996; Martins et al., 1998). Além disso, o gesso é fonte de enxofre, elemento essencial para as plantas e que pode, muitas vezes, limitar a produção das culturas (Moraes et al., 1998).

O gesso agrícola também é utilizado como fonte de Ca, melhorador de ambiente radicular (diminuição da toxidez de alumínio), correção de solos sódicos, diminuição na salinidade do solo ou do adubo, redução das perdas de nitrogênio na fermentação do esterco (Malavolta, 1992). A ação do gesso é, geralmente, realçada nas camadas subsuperficiais enquanto a do calcário na superfície (Guimarães, 1986).

Em estudo sobre os efeitos do gesso e do calcário na produção e nos teores de nutrientes da parte aérea da cultura do arroz irrigado, Mesquita (1993) verificou que as doses de gesso aumentaram a produção e os teores foliares do Ca e S e reduziram os teores de Mg, P, Zn, Mn, Fe, K e Cu; a produção máxima (7548 kg ha⁻¹) obtida foi com a dose de 1374 kg ha⁻¹ de gesso na presença de calagem.

Crusciol et al. (2002), estudando o crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas em função da calagem e da fosfatagem, verificaram que, sob baixa disponibilidade de cálcio e magnésio, as plantas priorizam o crescimento radicular em detrimento do crescimento da parte aérea.

Dynia & Moraes (1998) estudando a calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado e do feijoeiro em solo de várzea, observaram que a calagem não influenciou a produção de grãos das duas culturas, enquanto os micronutrientes causaram aumento significativo, apenas, da produção de grãos do feijoeiro.

Trabalho sobre o efeito da adubação, calagem, disponibilidade de nutrientes e produção de arroz e feijão constatou elevação da produção da cultivar de arroz BR IRGA-409 por efeito da adubação NPK e ausência de efeito da calagem e do Zn sobre a produção do arroz e do feijoeiro (Moraes & Dynia, 1998).

Resultados de Fageria & Santos (1998), indicaram maior tolerância do arroz ao alumínio que o feijão. Assim, é considerando um esquema de sucessão de culturas, em solos de várzea, a produção do feijoeiro demandaria a aplicação do calcário.

Muzilli & Godoy (1977) estudando o efeito da calagem nos teores de cálcio e magnésio no feijoeiro, observaram elevação dos valores de ambos os elementos na parte aérea e nas raízes das plantas, comparativamente ao tratamento sem calagem, exceto para magnésio nas raízes.

Salgado et al. (1992) trabalhando com feijão irrigado por sulcos, em sucessão ao arroz inundado e doses de calcário, encontraram aumentos nos teores de cálcio e de magnésio nas folhas e na produtividade de grãos de feijão, com a elevação das doses do corretivo. Também, Vale (1994) verificou maior produtividade, na cultivar IAC - Carioca, com a dose mais elevada de calcário (5,7 t ha⁻¹).

Resultados observados por Moraes et al. (1998) indicaram elevação do teor de magnésio e redução do teor de manganês em folhas do feijoeiro com a aplicação de calcário; a calagem e/ou a gessagem, todavia, não influenciaram nos componentes de rendimento e na produção de grãos. Semelhantemente, Moreira (1999), em estudo sobre a calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, que apresentava saturação por bases de 50%, constatou ausência de efeito do corretivo na produção de grãos de soja.

Estudando o rendimento de grãos e nutrição de soja sob diferentes doses de calcário e fósforo no sistema de plantio-direto em Latossolo Vermelho Distrófico, Nicolodi et al. (2002) constataram interação inconsistente calcário-fósforo; porém, o maior

rendimento de soja ocorreu em combinações intermediárias de doses de calcário e de fósforo, respectivamente.

De acordo com a literatura consultada, os efeitos da adubação, da calagem e da gessagem na elevação dos teores de nutrientes das partes aérea e radicular de plantas de arroz e de feijão são consistentes. Porém, considerando a produção de grãos, os resultados não tem sido conclusivos, ora verificando-se aumentos ora reduções.

2.2. Calagem, gessagem e adubação na produção e qualidade de sementes

A qualidade fisiológica, caracterizada pela germinação e vigor, relaciona-se à capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais, podendo ser influenciada por diversos fatores no transcurso do processo de produção.

Quando da formação das sementes os nutrientes desempenham papel relevante na constituição de membranas e acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas. As funções de ativação enzimática, de síntese, de transferência de energia e de regulação hormonal são passos fundamentais do desenvolvimento e da maturação das sementes; assim, tanto macro como micronutrientes apresentam importância similar nesses eventos (Sá, 1994).

Considerando que a degradação das membranas celulares é uma das primeiras conseqüências da deterioração das sementes, e que ocorre mais rapidamente naquelas mal formadas ou oriundas de plantas em condições de deficiência, ressalta-se a relevância da nutrição mineral como fator destacado na produção de sementes de alta qualidade, pela função importante que os nutrientes desempenham na formação das membranas. A atuação dos nutrientes na formação de proteínas de constituição, na síntese de ácidos nucléicos e de novas proteínas pode influenciar até a pureza varietal, na medida que eles podem representar papéis relevantes em processos mutagênicos (Sá, 1994). O mesmo autor enfatizou as conseqüências de adequado suprimento de nutrientes na produção de sementes: sementes maiores, mais uniformes, mais densas, bem formadas, com menor incidência de danos por pragas e por doenças e com maior potencial de armazenamento, dentro dos limites da variedade e das condições climáticas reinantes (Sá, 1994).

O fornecimento de nutrientes através das adubações pode causar mudanças na composição química da semente, e, por consequência, pode influenciar o seu desempenho (Vieira, 1986).

Experimento que avaliou a qualidade sementes de feijão, cultivares Emgopa 201-Ouro e Carioca, oriundas de tratamentos com doses de calcário, assinalou elevações do tamanho e do teor de proteínas nas sementes com doses mais elevadas do corretivo. A germinação das sementes não foi afetada pelas doses de calcário; todavia, as sementes do cultivar 'Carioca' apresentaram maior vigor com o aumento das doses (Vale & Nakagawa, 1996).

Vale et al. (1997a; 1997b), avaliaram características físicas e fisiológicas de sementes de feijão, provenientes de tratamentos com calcário. Efeitos positivos do calcário foram detectados pelas determinações de massa 100 sementes, da germinação de sementes e da condutividade elétrica. Não houve diferença para o teor de água das sementes, para a porcentagem de emergência e para o índice de velocidade emergência de plântulas no campo. Também, Salgado et al. (1992) verificaram influência positiva na massa de 100 sementes de feijão, com a elevação de doses de calcário.

Feitosa et al. (1989) trabalhando com o cultivar Carioca na ausência e presença de calcário ($1,0 \text{ t ha}^{-1}$) e nitrogênio (25 e 50 kg ha^{-1}), verificaram aumento de nitrogênio nos grãos quando foram utilizadas doses de nitrogênio na ausência de calcário.

Conforme Diaz & Cervantes (1990), diferentes cultivares de feijão podem comportar-se diferentemente quanto as respostas a doses de calcário, quanto aos parâmetros de desenvolvimento e ao rendimento das plantas, e a qualidade das sementes produzidas.

Vieira (1989), avaliou sementes de feijão provenientes de plantas cultivadas em solo que recebeu 0,5; 1,5 e $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico. Não foram verificadas influências das doses do corretivo sobre a porcentagem de germinação, na massa de 100 sementes e nas percentagens de N, de Ca e de Zn das sementes, porém as percentagens de P, de K e de Mg elevaram-se com o aumento da dose.

Com relação aos teores de nutrientes nos grãos, doses crescentes de calcário proporcionaram, segundo Vale (1994), elevação dos teores de nitrogênio, mas não de cálcio e de magnésio, pela ausência de efeito da calagem.

Estudos sobre absorção de nutrientes revelam diferentes teores médios de macronutrientes em grãos ou vagens de feijoeiro, em função do estágio fenológico das plantas (Cobra Neto et al., 1971; Haag et al., 1967).

Fageria & Santos (1998) verificaram redução da concentração de nutrientes nas panículas de arroz, exceto zinco e manganês, na presença de alumínio.

Korobskoi et al. (1999) observaram um aumento no crescimento e na emergência de plântulas de arroz no campo quando foram aplicados fertilizantes minerais com gesso ou fosfogesso. O gesso se destacou em relação ao fosfogesso na melhoria do crescimento.

Resultados de trabalho realizado por Turkiewicz (1976) mostraram que a calagem e a adubação fosfatada podem afetar a qualidade das sementes de soja; tanto a ausência de calcário como a presença de dose mais elevada de fósforo se revelou prejudicial à germinação e ao vigor das sementes.

Em avaliação da produtividade e da qualidade de sementes de amendoim em função da calagem, Fernandez et al. (1997a) concluíram haver benefícios à produção de sementes, na presença de calcário devido o melhor aproveitamento na absorção do nitrogênio pela planta e eliminação da toxicidade de manganês e, ainda, incremento na massa das sementes.

Em estudos realizados por Maeda et al. (1986) sobre o efeito da calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim, cv. Tatu, produzidas na estação “das águas”, foi verificado que a aplicação de calcário (com ou sem NPK) reduziu a massa média das sementes, mas apresentou efeito positivo na germinação e vigor das sementes, durante o armazenamento em condições normais de ambiente. As sementes produzidas na presença de calcário e NPK + calcário apresentaram elevadas percentagens de germinação, ao final dos 15 meses de armazenamento, de 92,5 e 90,5%, respectivamente, enquanto as provenientes dos tratamentos testemunha e NPK exibiram, no mesmo período, índices de germinação de 57,5 e 71,5%, respectivamente.

Vieira et al. (1986) concluíram que na região de Dourados – MS, a aplicação de calcário não influenciou o vigor das sementes de amendoim, cultivar Tatu, avaliado através da massa matéria seca de plântulas e índice de velocidade de emergência de plântulas.

Os efeitos de adubos fosfatados, com e sem calagem, na qualidade de sementes de amendoim, cv. Tatu Branco, foram estudados por Nakagawa et al. (1990) em duas localidades do estado de São Paulo, em duas épocas sucessivas de cultivo – “das águas” e “da seca”, para avaliação do efeito residual dos adubos e do calcário. Verificaram que a calagem proporcionou maior produção e germinação das sementes, tanto no cultivo das águas (efeito imediato) como no cultivo da seca (efeito residual). Entretanto, em um dos municípios, o efeito benéfico da calagem foi mais pronunciado no cultivo das águas. Também observaram, em relação à massa de 100 sementes, as respostas à aplicação de calcário apresentaram-se favoráveis apenas no cultivo da seca (efeito residual) em ambas as localidades.

O efeito da calagem e do momento de colheita na produção e na qualidade de sementes de amendoim, cv. Botucatu, no cultivo das águas, foi avaliado por Rosseto (1993), concluindo-se ser indicada a realização da correção do solo visando à qualidade pois, embora esta operação não tenha afetado a produção e seus componentes, proporcionou sementes que amadureceram mais precocemente e mantiveram por maior período de tempo a sua qualidade fisiológica.

Spinola & Cícero (2000), avaliando a qualidade física e fisiológica de sementes de amendoim oriundas de área que recebeu correção de solo, verificaram que o gesso em área com calcário, independentemente das doses, épocas e locais de aplicação, não interferiu na qualidade das sementes. A aplicação de gesso na semeadura proporcionou um teor de nitrogênio nas sementes superior ao encontrado quando aplicado no florescimento.

Avaliando a produção de amendoim em função do teor de cálcio no solo (0,0 e 1,8 t ha⁻¹), Lima et al. (2002) verificaram que a calagem favoreceu o aumento do teor de cálcio nas folhas e das produções de vagens e de sementes.

Fernandez et al. (1997b) atribuíram à maior concentração de cálcio e ao aumento na densidade das três camadas de células do tecido de cobertura da semente de amendoim como fatores que contribuíram para menor incidência de fungos nas sementes. Desse modo, destacaram a importância da calagem.

Harrington (1960) estudou, em vasos com solução nutritiva, a influência de N, P, K e Ca sobre a germinação das sementes produzidas de cenoura, de alface e de pimenta. A deficiência de cálcio resultou em baixa germinação das sementes de cenoura e de pimenta. Durante o armazenamento em laboratório a germinação das sementes produzidas

com baixo teor de cálcio declinou mais rapidamente que a das produzidas com solução completa. O autor destacou que a deficiência de cálcio foi a mais prejudicial para a qualidade das sementes e a deficiência de nitrogênio diminuiu a produção de sementes.

Trabalhos desenvolvidos por Harris & Brolmann (1966), em experimentos em vasos, mostraram que sementes de amendoim produzidas sob condições de deficiência de cálcio apresentaram baixa germinação, o mesmo ocorrendo sob deficiência de boro. A deficiência de cálcio não afetou os cotilédones, mas atingiu primeiramente o sistema vascular, enquanto que a deficiência de boro afetou, em princípio, os cotilédones e, em casos severos, causou lesões nas plúmulas.

Sá (1994) referiu-se à nutrição das plantas como fator passível de influenciar no tamanho, na massa e no vigor das sementes como consequência de efeitos na permeabilidade e na integridade das membranas dos tecidos das mesmas, pois vários nutrientes atuam como ativadores enzimáticos ou como constituintes destas membranas, como é o caso do cálcio.

Portanto, a correção do solo como fator influenciador da produção e da qualidade das sementes continua a demandar informações capazes de ampliar o conhecimento, particularmente para culturas em sucessão em sistema de plantio direto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, clima, solo e histórico da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, em área do Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, caracterizado como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (Lombardi Neto & Drugowich, 1994).

Os dados diários referentes às temperaturas máximas, mínimas e precipitações pluviais durante os dois anos de condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, estão apresentados na Figura 1.

O solo da área experimental, conforme levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa, 1999), foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico. Esta área permaneceu dois anos em pousio e, em fevereiro de 2001, foi semeada soja (safrinha) através de preparo de solo convencional (uma aração e duas gradagens). Em outubro de 2001 a área

experimental foi subsolada e semeou-se guandu, o qual foi manejado com triturador de palha em 02/10/2002.

Em agosto de 2002, foi realizada amostragem de solo, na profundidade de 0-20 cm, para realização de análise química, de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (1987), necessária para o cálculo de necessidade de calagem. Nesta mesma época foram coletadas amostras indeformadas do solo, por meio de anéis volumétricos, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 m, para análise granulométrica (Tabela 2). O cálculo da quantidade de gesso foi realizado de acordo com Raij et al. (1996).

Já, na primeira quinzena de outubro de 2002 foram coletadas amostras de solo para análise química nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, objetivando caracterizar mais detalhadamente a área experimental, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento.*

Prof.	pH (CaCl ₂)	M.O.	P _{resina}	H+Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
cm		g dm ⁻³	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						(%)
0-20	4,2	20,9	9,2	36,8	6,5	1,2	14,0	5,0	58,0	37,0
0-5	5,0	26,6	17,3	37,6	4,0	1,6	27,6	11,7	78,5	52,6
5-10	4,9	25,3	11,6	39,6	3,7	1,0	30,6	14,2	85,5	54,0
10-20	4,3	24,2	7,3	56,4	9,1	0,4	20,6	8,2	85,6	34,0
20-40	3,9	22,3	6,0	82,6	17,9	0,2	17,6	4,8	105,2	21,9
40-60	3,9	22,6	3,5	100,1	24,8	0,2	18,6	3,7	122,7	18,4

*Cada amostra foi composta por 12 amostras simples.

TABELA 2. Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
cm	g kg ⁻¹			
0-20	545	347	108	Média
20-40	513	360	127	Argilosa
40-60	495	383	122	Argilosa

*Cada amostra foi composta por 12 amostras simples.

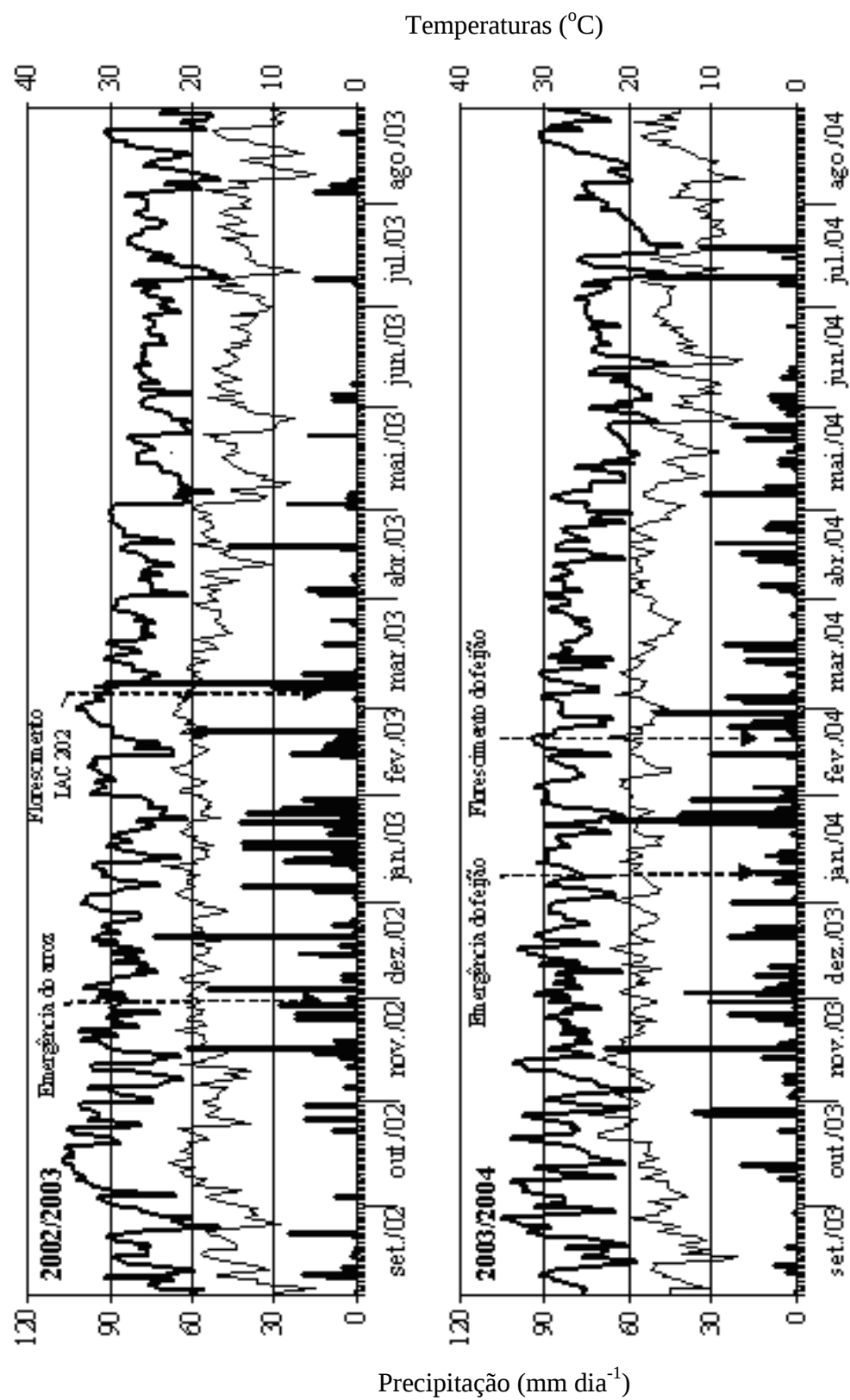


FIGURA 1. Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima (—) e mínima (—), registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2002/2003 e 2003/2004.

3.2. Instalação dos experimentos

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro níveis de calcário dolomítico (0, 1,1, 2,7 e 4,3 t ha⁻¹), visando elevar a saturação por bases original de 37% para 50%, 70% e 90%, respectivamente. As subparcelas foram constituídas pela ausência ou aplicação de 2,1 t ha⁻¹ de gesso agrícola (20% de Ca e 16% de S). Cada subparcela tinha a dimensão de 48,6 m² (5,4 x 9,0 m). Foram mantidas distâncias de 8,0 m entre as parcelas dentro de cada bloco e, de 3,0 m entre os blocos.

As doses de calcário foram definidas em função da análise química do solo na camada de 0-20 cm (Tabela 1) e a de gesso por meio do teor de argila do solo na profundidade de 20-40 cm (Tabela 2) utilizando a seguinte equação: NG (kg ha⁻¹) = 6 x teor de argila em g kg⁻¹, ambas seguindo as recomendações de Raij et al. (1996).

As culturas de verão utilizadas foram o arroz de terras altas, cv. IAC 202, no ano agrícola 2002/2003, e feijão, cv. Pérola, no ano agrícola de 2003/2004.

O cultivar de arroz IAC-202 é proveniente do cruzamento (IAC 25 x Lemonnt). Apresenta porte baixo ou intermediário (80-100 cm), ciclo médio (120 dias), 87 dias da emergência das plântulas ao florescimento, grãos tipo longo fino (agulhinha), suscetibilidade moderada a brusone (*Pyricularia gryzae* Cav.) e ótima resistência ao acamamento. Apresenta baixa tolerância à toxidez de Al⁺³ e Fe⁺³ e em solos de baixa fertilidade seu desenvolvimento é comprometido (Bastos et al., 2000).

Com relação ao cultivar de feijão, Pérola, foi originado na Embrapa Arroz e Feijão de seleção no cultivar Aporé. Este material é considerado de alto potencial produtivo e o mais cultivado atualmente no Brasil. Apresenta hábito de crescimento indeterminado tipo III, porte semi-ereto, ciclo médio (90 dias), 46 dias da emergência ao florescimento, grãos de coloração bege claro com rajas marrom-claras, reação de resistência à ferrugem e ao mosaico-comum e resistência moderada à murcha de Fusarium e à mancha-angular. Quanto à antracnose, possui resistência à raça alfa-brasil TUS e suscetibilidade às raças alfa-brasil, capa e zeta (EMBRAPA, 2004).

3.3. Condução dos experimentos

A calagem foi realizada sobre a palhada de guandu (7.400 kg ha^{-1} de matéria seca), no dia 15/10/2002, nas parcelas conforme as doses a serem testadas. No dia seguinte, 16/10/2002, realizou-se a aplicação de gesso agrícola na metade das parcelas. Ambos os corretivos foram aplicados superficialmente, sem incorporação ao solo.

Todas as operações das culturas foram realizadas utilizando-se semeadora adubadora marca Semeato, modelo “personale Drill” – 13, equipada com disco duplo, com exceção do feijão, que foi semeado utilizando-se facão. As pulverizações foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado.

A. Cultivo do arroz (verão de 2002/2003)

Inicialmente, no dia 03/11/2002, foi realizada dessecação da cobertura vegetal da área com a aplicação de herbicida glifosate (2.160 g ha^{-1}) + 2,4 D (1.400 g ha^{-1}). Em 20/11/2002, foi feita a semeadura do arroz, utilizando-se cerca de 70 sementes por metro de sulco, com espaçamento entre linhas de 0,30 m. Cada subparcela foi constituída por 8 linhas de 9 metros de comprimento.

A adubação básica foi feita nos sulcos de semeadura com 300 kg ha^{-1} da fórmula-NPK 08-28-16 + 0,5% de Zn + 5% de S. Após a semeadura aplicou-se o herbicida em pré-emergência oxidiazon (1.000 g ha^{-1}). A emergência das plântulas ocorreu no dia 29/11/2002.

Aos 37 dias após a emergência das plântulas (06/01/2003) aplicou-se herbicida propanil + 2,4-D ($2.700 + 220 \text{ g ha}^{-1}$). A adubação de cobertura foi realizada com a aplicação de 50 kg ha^{-1} de N na forma de uréia, aos 45 dias após a emergência das plantas, quando se encontravam no estágio de perfilhamento.

Não foi observada a ocorrência de pragas e doenças durante o cultivo do arroz; portanto, não foi necessária aplicação de inseticida e fungicida na cultura.

O florescimento ocorreu em 05/03/2003, aos 96 dias após a emergência das plântulas. A colheita do arroz foi efetuada manualmente quando os grãos de

2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferiores, semiduros. O ponto de colheita foi detectado no dia 25/03/2003, aos 116 dias após a emergência das plântulas.

B. Cultivo da aveia preta (inverno de 2003)

Após a colheita do arroz, a vegetação remanescente na área experimental foi dessecada com a aplicação de herbicida glifosate (1.800 g ha^{-1} de i.a.). Em 30/04/2003 foi realizada a semeadura de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), cultivar Comum, em toda a área experimental. A adubação básica nos sulcos de semeadura constituiu-se de 200 kg ha^{-1} da fórmula-NPK 10-20-10. A emergência das plântulas ocorreu no dia 08/05/2003 e o florescimento médio das plantas no dia 19/07/2003; a colheita foi realizada em 22/08/2003, aos 106 dias após a emergência das plântulas.

C. Cultivo do feijão (verão de 2003/2004)

A semeadura do feijão, cultivar Pérola, foi realizada no dia 06/01/2004, utilizando-se 18 sementes por metro de sulco, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Cada subparcela foi constituída por 5 linhas de 9 metros de comprimento. As sementes foram tratadas com inseticida thiamethoxan ($140 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes) e anilida+ditiocarbamato ($40+40 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes).

A adubação básica foi feita nos sulcos de semeadura com 300 kg ha^{-1} da fórmula-NPK 08-28-16 + 0,5% de Zn + 5% de S. No dia 07/01/2004 foi realizada dessecação da cobertura vegetal da área com a aplicação de herbicida glifosate (1.800 g ha^{-1}). A emergência das plântulas ocorreu no dia 11/01/2004.

Foi realizada aplicação de inseticida monocrotafos (240 g ha^{-1}), no dia 23/01/2004. No dia 30/01/2004, foram feitas pulverizações com inseticida chlorpyrifos (480 g ha^{-1}), fungicida azoxystrobin (50 g ha^{-1}) e herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen ($200 + 250 \text{ g ha}^{-1}$). Já, no dia 16/02/2004, foram aplicados inseticida monocrotafos (240 g ha^{-1}) e fungicida óxido cuproso (560 g ha^{-1}).

As adubações de cobertura foram realizadas nos dias 02 e 10/02/2004, quando as plantas encontravam-se nos estádio V₄ (terceira folha trifoliolada expandida) e R₅ (pré-floração), aplicando-se 70 e 40 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, na forma de nitrato de amônio.

O florescimento pleno do feijão ocorreu 40 dias após a emergência, em 20/02/2004. A colheita foi efetuada manualmente, em 02/04/2004, aos 82 dias após a emergência das plântulas.

3.4. Avaliações

A. Arroz

Foram determinadas as seguintes variáveis:

a) Produção de sementes: determinada mediante a colheita manual de 3 linhas centrais de 7 m de comprimento em cada unidade experimental; a seguir, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e os grãos chochos com auxílio de uma peneira, através de abanação manual e, em seguida, foi determinado o peso dos grãos colhidos para o cálculo da produção de sementes por hectare - 13% (base úmida).

Após a determinação da produção de sementes, juntaram-se as amostras das repetições de cada tratamento em campo, em uma única amostra de cada tratamento para determinação da qualidade das sementes no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura, FCA/UNESP. Foram realizadas análises das sementes, logo após a colheita e aos seis meses de armazenamento, em câmara seca a 25°C e umidade relativa de 50%, para as determinações relacionadas nos itens (e) a (l), a fim de verificar o comportamento do vigor das sementes ao longo do tempo.

b) Massa de 1000 sementes: foram utilizadas 8 subamostras de cada tratamento, as quais foram coletadas ao acaso e pesadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

c) Peso volumétrico: foram utilizadas duas subamostras de cada tratamento, as quais foram pesadas na balança de precisão (0,001 g); em seguida foi realizada

a transformação dos pesos para kg hl^{-1} , conforme Brasil (1992), sendo o resultado expresso com uma casa decimal.

d) Teor de água das sementes: foi determinado com quatro subamostras de 25 sementes colocadas em recipientes de alumínio com tampa, previamente pesados. Em seguida foram pesadas em balança de precisão (0,001 g), logo após os recipientes com as amostras foram levadas à estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, para então serem novamente pesadas, e os dados calculados apresentados em porcentagem, conforme Brasil (1992).

e) Primeira contagem de germinação: foi conduzido conjuntamente com o teste padrão de germinação, considerando-se o número de plântulas normais verificadas no sétimo dia após a instalação do teste de germinação; os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais por tratamento.

f) Teste de germinação: foi realizado com 4 repetições de 50 sementes em rolo de papel toalha, com semeadura entre papel, o qual foi previamente umedecido com 2,5 vezes seu peso com água; os rolos foram colocados em sacos plásticos, e levados à câmara de germinação com temperatura regulada a 25°C . Foram realizadas leituras aos 7 e 14 dias, os resultados foram expressos em porcentagem conforme Brasil (1992).

g) Teste de envelhecimento acelerado: foram utilizadas 300 sementes de cada tratamento, as quais foram distribuídas sobre uma tela de aço inox fixada no interior de caixas plásticas (gerbox) contendo 40 ml de água destilada. Os recipientes com as amostras foram colocadas tampados em estufa incubadora com temperatura regulada a 42°C por 120 horas (Marcos Filho et al., 1987); as sementes foram, então, submetidas ao teste de germinação, em 4 repetições de 50 sementes, realizando-se a contagem de plântulas normais no sétimo dia, expressando-se os resultados em porcentagem de plântulas normais, conforme Brasil (1992).

Após o período de 120 horas de envelhecimento a 42°C , foi realizada a determinação do teor de água das sementes utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes, conforme a Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

h) Matéria seca de plântulas normais da primeira contagem, da germinação e do envelhecimento acelerado: as plântulas normais, de cada rolo dos testes de

primeira contagem de germinação, de germinação e de envelhecimento acelerado foram separadas dos resquícios das sementes e colocadas em sacos de papel Kraft e, em seguida, secadas em estufa a 65°C até atingir peso constante, quando foram pesadas em balança de precisão (0,001 g). Os dados obtidos foram transformados em mg plântula⁻¹.

i) Teste de condutividade elétrica: 4 sub-amostras de 25 sementes de cada subparcela, com massa conhecida, foram imersas em 75 ml de água destilada e desionizada, por 24 horas a 25°C; em seguida agitou-se a amostra e procedeu-se à leitura dos lixiviados em condutivímetro Digimed a 25°C, conforme Vieira (1994).

j) Lixiviação de K e Ca: foi avaliada com base na metodologia descrita por Dias et al. (1997). Após a leitura da condutividade elétrica, as sementes foram descartadas e a água de embebição foi utilizada para as determinações de cálcio e de potássio, realizadas por meio do espectrofotômetro de absorção atômica; os resultados foram expressos em mg g⁻¹ sementes.

k) Teste de emergência em campo: foram semeadas quatro subamostras de 50 sementes, em sulco com 1,0 m de comprimento e, aproximadamente 0,03 m de profundidade. A avaliação foi feita aos 21 dias após a semeadura, considerando as plântulas emersas presentes.

l) Velocidade de emergência em campo: a partir da data do início da emergência das plantas, diariamente foram anotados os números de plântulas emersas, até que o processo se estabilizasse. Em seguida foi determinado um índice de vigor para cada amostra semeada, através da somatória do número de plântulas emersas em cada dia dividida pelo número de dias decorridos entre semeadura e emergência (Marcos Filho et al., 1987).

m) Composição química: foram pesadas 4 g de sementes, coletadas ao acaso, em seguida foram moídas e procedeu-se as determinações de N, P, K, Ca, Mg e S no Laboratório de Solo-Planta da FCA/ UNESP de acordo com a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

B. Feijão

As seguintes variáveis foram determinadas:

a) Produção de sementes: determinada após o arranque manual das plantas de 2 linhas centrais de 7 m de comprimento em cada unidade experimental; a seguir, foi realizada a trilha mecânica das plantas e pesagem dos grãos. Em seguida foi realizado o cálculo da produtividade de sementes por hectare - 13% (base úmida).

Após a determinação da produção de sementes, juntaram-se as amostras das repetições de cada tratamento em campo, em uma única amostra de cada tratamento para determinação da qualidade das sementes no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura, FCA/UNESP. Foram realizadas análises das sementes, logo após a colheita; e aos seis meses de armazenamento, em câmara seca a 25°C e umidade relativa de 50%, para as determinações relacionados nos itens (e) a (k), a fim de observar o comportamento do vigor das sementes ao longo do tempo.

b) Teste de uniformidade: utilizando-se duas amostras de 200 g, as mesmas foram passadas por peneiras com perfurações oblongas de 16 (6,35 x 19,05 mm), 15 (5,95 x 19,05 mm), 14 (5,56 x 19,05 mm), 13 (5,16 x 19,05 mm), 12 (4,76 x 19,05 mm), 11 (4,37 x 19,05 mm) e fundo; em seguida, as sementes retidas em cada peneira foram pesadas e determinaram-se as suas porcentagens. Posteriormente, foram reunidas as sementes das três peneiras predominantes para utilização nas determinações qualitativas.

c) Massa de 1000 sementes: foram utilizadas 8 subamostras de cada tratamento, as quais foram coletadas ao acaso e pesadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

d) Teor de água das sementes: foi determinado com quatro subamostras de 25 sementes colocadas em recipientes de alumínio com tampa, previamente pesados. Em seguida foram pesadas em balança de precisão (0,001 g), logo após os recipientes com as amostras foram levadas à estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, para então serem novamente pesadas, e os dados calculados apresentados em porcentagem, conforme Brasil (1992).

e) Primeira contagem de germinação: foi conduzido conjuntamente com o teste padrão de germinação, considerando-se o número de plântulas normais verificadas

no quinto dia após a instalação do teste de germinação; os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais por tratamento.

f) Teste de germinação: foi realizado com 4 repetições de 50 sementes em rolo de papel toalha, com semeadura entre papel, o qual foi previamente umedecido com 2,5 vezes seu peso com água; os rolos foram colocados em sacos plásticos, e levados à câmara de germinação com temperatura regulada a 25°C. Foram realizadas leituras aos 5 e 8 dias, os resultados foram expressos em porcentagem conforme Brasil (1992).

g) Teste de envelhecimento acelerado: foram utilizadas 300 sementes de cada tratamento, as quais foram distribuídas sobre uma tela de aço inox fixada no interior de caixas plásticas (gerbox) contendo 40 ml de água destilada. Os recipientes com as amostras foram colocadas tampados em estufa incubadora com temperatura regulada a 42°C por 72 horas (Marcos Filho et al., 1987); as sementes foram, então, submetidas ao teste de germinação, em 4 repetições de 50 sementes, realizando-se a contagem de plântulas normais no oitavo dia; os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme Brasil (1992).

Após o período de 72 horas de envelhecimento a 42°C, foi realizada a determinação do teor de água das sementes utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes, conforme a Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

h) Teste de condutividade elétrica: 4 sub-amostras de 25 sementes de cada subparcela, com massa conhecida, foram imersas em 75 ml de água destilada e desionizada, por 24 horas a 25°C; em seguida agitou-se a amostra e procedeu-se à leitura dos lixiviados em condutivímetro Digimed a 25°C, conforme Vieira (1994).

i) Lixiviação de K e Ca: foi avaliada com base na metodologia descrita por Dias et al. (1997). Após a leitura da condutividade elétrica, as sementes foram descartadas e a água de embebição foi utilizada para as determinações de cálcio e de potássio, realizadas por meio do espectrofotômetro de absorção atômica; os resultados foram expressos em mg g⁻¹ sementes.

j) Teste de emergência em campo: foram semeadas quatro subamostras de 50 sementes, em sulco com 1,0 m de comprimento e aproximadamente 0,03 m

de profundidade. A avaliação foi feita aos 16 dias após a semeadura, considerando as plântulas emersas presentes.

k) Velocidade de emergência em campo: a partir da data do início da emergência das plantas, diariamente foram anotados os números de plântulas emersas, até que o processo se estabilizasse. Em seguida foi determinado um índice de vigor para cada amostra semeada, através da somatória do número de plântulas emersas em cada dia dividido pelo número de dias decorridos entre semeadura e emergência (Marcos Filho et al., 1987).

l) Composição química: foram pesadas 4 g de sementes, coletadas ao acaso, em seguida foram moídas e procedeu-se as determinações de N, P, K, Ca, Mg e S no Laboratório de Solo-Planta da FCA/ UNESP de acordo com a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Foi realizada análise conjunta dos dados, para épocas de armazenamento das sementes (0 e 6 meses), nas culturas de arroz e feijão. Nos tratamentos de calcário e gesso foi realizada a comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e para doses de calcário foi aplicada análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias foram apresentadas de acordo com a análise de variância e o teste de Tukey (Tabelas 5, 13, 18 e 25). Quando detectadas interações entre dois fatores foram realizadas comparações de médias do desdobramento da interação e, quando foi observado efeito isolado para calcário e/ou gesso foram feitas comparações de médias para cada fator (Tabelas 6, 8, 10, 11, 14, 19, 20, 22, 23 e 26).

As equações de regressão, para doses de calcário e interação calcário x gesso, foram apresentadas de acordo com o comportamento das médias e análise de regressão linear e quadrática dos dados (Tabelas 7, 9, 12, 15, 21, 24 e 27).

Conforme Tabela 1, que apresenta os valores da análise química do solo de 0–20 cm (sendo as amostras coletadas antes do manejo do guandu com triturador) e de 0–5, 5–10, 10–20, 20–40 e 40–60 cm (coletadas após o manejo da palha de guandu com triturador), o solo da área experimental apresentou valores baixos de pH, P, Ca, Mg, CTC e V%, na camada de 0–20 cm. Entretanto, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm foi observado um aumento nos valores destas características, resultante da decomposição da palhada de guandu, significando melhoria das propriedades químicas do solo na camada superficial.

Com relação às características climáticas (Figura 1), durante a condução do arroz (ano agrícola 2002/2003), a precipitação pluvial média foi de 7,1 mm dia⁻¹, e as temperaturas mínima e máxima variaram de 15 a 26°C e de 21 a 34°C, respectivamente. Apesar das grandes variações climáticas ocorridas, na época do cultivo do arroz, estas condições supriram a necessidade da cultura de acordo com a recomendação da EMBRATER (1983).

Já, na época do cultivo do feijão (ano agrícola 2003/2004), a precipitação pluvial foi em média de 11,0 mm dia⁻¹ e as temperaturas mínima e máxima variaram de 15 a 23°C e de 20 a 32°C, respectivamente. De acordo com Dourado Neto & Fancelli (2000), as temperaturas foram adequadas para o desenvolvimento do feijão; no entanto, a precipitação foi muito alta, o que facilitou a ocorrência de pragas e doenças e, conseqüentemente, houve a necessidade de realizar pulverizações para o controle das mesmas.

4.1. Produção e Qualidade de Sementes de Arroz

Houve diferença significativa, entre épocas de armazenamento, para a maioria das variáveis analisadas, exceto para germinação e matéria seca de plântulas do envelhecimento acelerado. Assim, os testes de vigor foram eficientes para detectar respostas do efeito do calcário e gesso sobre a qualidade das sementes, ao longo do tempo (Tabelas 3 e 4).

TABELA 3. Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).

FV	E	C	G	ExC	ExG	CxG	ExCxG	Resíduo
1ª contagem (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	248,06**	207,23**	5,06	107,06*	203,06**	307,06**	105,40*	33,40
Germinação (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	20,25	44,25	4,00	17,58	100,00*	66,00*	28,00	22,67
MSP - 1ª contagem (mg pl.⁻¹)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	0,38**	1,35**	0,01	0,11	0,04	0,13	0,06	0,06
MSP – Germinação (mg pl.⁻¹)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	1,18**	0,62**	0,33*	0,24*	0,36*	0,19	0,25*	0,07

E – Época; C – calcário; G – gesso; MSP – matéria seca de plântulas; **, * - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4 Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).

FV	E	C	G	ExC	ExG	CxG	ExCxG	Resíduo
Envelhecimento acelerado (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	1225,00**	647,08**	6,25	188,83*	36,00	222,75**	81,50	56,25
MSP – EA (mg pl.⁻¹)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	0,02	1,91**	0,35*	0,62**	0,47*	0,09	0,44**	0,08
Condutividade elétrica (µS/cm/g)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	2131,44**	5401,40**	775,07**	69,06	137,59*	262,41**	17,49	31,53
Lixiviação de K (mg g⁻¹)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	4,40**	2,19**	0,24**	0,44**	0,11*	0,07*	0,02	0,02
Lixiviação de Ca (mg g⁻¹)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	112
QM	1,9x10 ⁻⁵ *	0,7x10 ⁻⁵	0,1x10 ⁻⁵	0,7x10 ⁻⁵	0,1x10 ⁻⁵	0,5x10 ⁻⁵	0,5x10 ⁻⁵	0,5x10 ⁻⁵
Emergência em campo (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	16
QM	4160,25**	107,17	12,25	558,75**	121,00	1110,75**	202,17	129,04
IVE								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	30,28**	1,10*	0,01	2,06**	0,12	3,75**	1,60**	0,32

E – Época; C – calcário; G – gesso; MSP – matéria seca de plântulas; EA – envelhecimento acelerado; **, * - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5. Análise de variância (teste F) dos dados de produção e teor de água, na colheita (0 mês), e qualidade de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	0 mês			6 meses		
	C	G	C x G	C	G	C x G
Produção	**	ns	**			
Teor de água	ns	ns	ns			
Massa de 1000 sementes	**	*	**			
Peso volumétrico	**	**	ns			
1ª contagem	**	*	**	ns	ns	ns
Germinação	ns	ns	ns	ns	*	ns
MSP - 1ª contagem	**	ns	ns	**	ns	ns
MSP - Germinação	ns	**	**	**	ns	ns
Envelhecimento acelerado	**	ns	ns	**	ns	*
MSP - EA	**	ns	**	**	**	ns
Teor de água do EA	**	ns	**	ns	ns	ns
Condutividade elétrica	**	**	**	**	*	**
Lixiviação de K	**	**	ns	**	ns	**
Lixiviação de Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Emergência em campo	ns	ns	*	ns	ns	**
IVE	ns	ns	**	**	ns	**

C – calcário; G – gesso; MSP – matéria seca de plântulas; EA – envelhecimento acelerado; IVE – índice de velocidade de emergência; **, * , ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Com relação à produção de sementes e massa de 1000 sementes foram observadas interações entre dois os fatores (Tabela 5). Fixado o tratamento sem aplicação de gesso, a elevação das doses de calcário proporcionou elevação da produção, embora sem diferença estatística entre a dose 2,7 t ha⁻¹ e a testemunha. Em relação à massa de 1000 sementes, as doses mais elevadas de calcário destacaram-se das demais (Tabela 6).

Considerando a aplicação de gesso, a dose de $2,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário sobressaiu-se em relação às outras, tanto em produção quanto na massa de 1000 sementes (Tabela 6).

Quando fixadas as doses de calcário, não se constatou benefícios claros à produção e à massa de 1000 sementes pela aplicação de gesso em relação aos tratamentos sem gesso. Comparado com Crusciol et al. (2003), a produção de sementes foi reduzida, em decorrência, provavelmente, de grandes variações de temperatura e precipitação ocorrida próximo à época de florescimento das plantas.

De acordo com os resultados, o emprego da calagem significa aumento da produção e da massa de sementes de arroz de terras altas, contrariamente ao observado por Dynia & Moraes (1998) e Moraes & Dynia (1998) que, todavia, utilizaram área de várzea em que ocorre, naturalmente, elevação do pH do solo com a irrigação por inundação. Mesquita (1993) verificou elevação da produção de arroz com o emprego de gesso, fato não claramente constatado neste estudo.

TABELA 6. Dados médios de produção, teor de água, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias
Produção kg ha ⁻¹	0,0	636,52 bA	686,58 bA	661,55
	1,1	1127,68 aA	670,66 bB	899,17
	2,7	1002,66 abB	1406,58 aA	1204,62
	4,3	1114,31 aA	858,75 bA	986,53
	Médias	970,29	905,64	
Teor de água %	0,0	11,16	11,27	11,22
	1,1	11,43	11,33	11,38
	2,7	11,21	10,96	11,08
	4,3	11,86	11,42	11,64
	Médias	11,41	11,24	
Massa de 1000 sementes g	0,0	18,48 cA	17,80 dB	18,14
	1,1	18,50 cA	18,96 cA	18,73
	2,7	20,63 bB	21,58 aA	21,10
	4,3	22,74 aA	20,87 bB	21,81
	Médias	20,08	19,80	
Peso volumétrico kg hl ⁻¹	0,0	52,6	51,8	52,2 b
	1,1	54,0	52,8	53,4 a
	2,7	52,2	52,2	52,2 b
	4,3	53,4	52,6	53,0 ab
	Médias	53,5 A	52,4 B	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

O peso volumétrico foi influenciado pelos fatores isolados, calagem e gessagem. Desse modo, em termos médios, o uso do gesso foi desvantajoso em relação aos tratamentos sem gesso; embora tenha sido acusada superioridade da dose de 1,1 t ha⁻¹ de calcário sobre a massa volumétrica das sementes, os valores foram próximos aos verificados nas demais doses.

Os dados de produção ajustaram-se a uma função quadrática indicando doses entre 2,65 e 2,79 t ha⁻¹ como proporcionadores de máxima produção. Já, a massa de 1000 sementes aumentou de forma linear com as doses de calcário contribuindo assim, para a produção de sementes com maior massa (Tabela 7). Caires et al. (2004) verificou que a aplicação de gesso em combinação com a calagem ocasionou acréscimos de 17% na

produção de milho, revelando-se uma prática eficiente para maximizar a produção de grãos. Este aumento na produção não foi ocasionado por alterações no crescimento do sistema radicular e esteve relacionado com o aumento da saturação por Ca nas camadas superficiais do solo.

TABELA 7. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) de produção, massa de 1000 e peso volumétrico de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês	PM	R ²
	Equações		%
Produção (kg ha ⁻¹)			
C	Y = -66,59x ² + 372,17x + 633,64	2,79**	94,91
C x SG	Y = 83,10x + 802,02	*	46,28
C x CG	Y = -87,12x ² + 461,69+ 558,54	2,65**	54,49
Massa de 1000 sementes (g)			
C	Y = 0,93x + 18,07	**	95,04
C x SG	Y = 1,05x + 17,96	**	94,04
C x CG	Y = -0,32x ² + 2,17x +17,54	3,39**	92,67

PM = $b/-(2a)$; **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Houve interação significativa entre os dois fatores (Tabela 5), após a colheita, para primeira contagem e matéria seca de plântulas normais da germinação; a dose de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ na ausência de gesso propiciou aumento na matéria seca de plântulas da germinação e na porcentagem de plântulas normais da primeira contagem (Tabela 8). As doses de calcário de 2,7 e $4,3 \text{ t ha}^{-1}$, foram benéficas para o aumento da matéria seca de plântulas da primeira contagem (0 e 6 meses) e matéria seca de germinação (6 meses). No entanto, a aplicação de gesso influenciou negativamente a porcentagem de plântulas normais da germinação, aos 6 meses (Tabela 5 e 8). Nakagawa et al. (1990) verificaram que a calagem proporcionou aumento na germinação de sementes de amendoim.

TABELA 8. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês			6 meses		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias	s/ gesso	c/ gesso	Médias
1ª contagem %	0,0	50,50bB	70,50abA	60,50	69,50	72,50	71,00
	1,1	68,00aB	76,00aA	72,00	72,00	68,50	70,25
	2,7	71,50aA	73,00abA	72,25	77,00	71,50	74,25
	4,3	77,50aA	64,50bB	71,00	79,00	73,00	76,00
	Médias	66,88	71,00		74,38	71,38	
MSP - 1ª contagem mg pl. ⁻¹	0,0	2,25	2,16	2,20b	1,69	2,06	1,87c
	1,1	2,26	2,30	2,28b	2,04	2,13	2,08bc
	2,7	2,64	2,60	2,62a	2,47	2,43	2,45ab
	4,3	2,73	2,51	2,62a	2,85	2,53	2,69a
	Médias	2,47A	2,39A		2,26A	2,29A	
Germinação %	0,0	80,00	85,50	82,75	82,50	82,00	82,25a
	1,1	84,00	91,00	87,50	86,00	81,00	83,50a
	2,7	84,00	86,00	85,00	86,00	86,00	86,00a
	4,3	90,00	83,50	86,75	89,00	82,50	85,75a
	Médias	84,50	86,50		85,88A	82,88B	
MSP - Germinação mg pl. ⁻¹	0,0	3,14aA	2,25bB	2,69	2,00	2,16	2,08c
	1,1	2,49bA	2,48abA	2,48	2,22	2,22	2,22bc
	2,7	2,72abA	2,72aA	2,72	2,50	2,66	2,58ab
	4,3	2,93abA	2,64abA	2,78	2,87	2,57	2,72a
	Médias	2,82	2,52		2,40A	2,40A	

MSP – matéria seca de plântulas; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

Na análise de regressão, os dados da primeira contagem (0 mês) ajustaram-se de forma quadrática; as doses entre 1,67 e 3,86 t ha⁻¹ de calcário foram as que propiciaram porcentagens mais elevadas de plântulas normais. Verificou-se elevação linear da porcentagem de germinação (0 e 6 meses), e a matéria seca de plântulas da primeira contagem (0 e 6 meses) e da germinação (6 meses) com o aumento das doses de calcário (Tabela 9).

TABELA 9. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês	PM	R^2	6 meses	PM	R^2
	Equações		%	Equações		%
	1ª contagem (%)			1ª contagem (%)		
C	$Y = -1,64x^2 + 9,12x + 61,56$	2,78**	88,46		ns	
C x SG	$Y = 5,61x + 55,51$	**	82,59			
C x SG	$Y = -1,65x^2 + 12,75x + 52,17$	3,86*	93,15		ns	
C x CG	$Y = -1,64x^2 + 5,49x + 70,94$	1,67*	97,30		ns	
	MSP - 1ª contagem (mg pl.⁻¹)			MSP - 1ª contagem (mg pl.⁻¹)		
C	$Y = 0,11x + 2,21$	**	85,82	$Y = 0,19x + 1,88$	**	99,25
C x SG	$Y = 0,13x + 2,21$	**	89,67	$Y = 0,27x + 1,72$	**	99,63
C x CG	$Y = 0,09x + 2,21$	**	72,07	$Y = 0,12x + 2,05$	**	95,39
	Germinação (%)			Germinação (%)		
C		ns		$Y = 0,88x + 82,59$	*	83,92
C x SG	$Y = 2,05x + 80,34$	*	87,61	$Y = 1,31x + 83,21$	*	86,29
	MSP – Germinação (mg pl.⁻¹)			MSP – Germinação (mg pl.⁻¹)		
C		ns		$Y = 0,16x + 2,08$	**	97,21
C x SG	$Y = 0,10x^2 - 0,45x + 3,05$	2,25**	70,51	$Y = 0,20x + 1,99$	**	99,61
C x CG	$Y = 0,09x + 2,33$	**	72,01	$Y = 0,12x + 2,17$	*	75,68

MSP – matéria seca de plântulas; PM = $b/-(2a)$; **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Quanto ao vigor de sementes, verificou-se efeito da interação entre os fatores calagem e gessagem nos testes de envelhecimento acelerado (6 meses), matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado (0 mês) e condutividade elétrica (0 e 6 meses); efeitos isolados de calagem para envelhecimento acelerado (0 mês), e do calcário e gesso para matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado (6 meses) (Tabela 5 e 10).

O teste de envelhecimento acelerado acusou ao início do armazenamento, benefícios ao vigor das sementes quando se aplicou doses mais elevadas de calcário; aos seis meses também as doses maiores destacaram-se nos tratamentos sem gesso. Quando se compara os tratamentos sem e com gesso dentro das doses de calcário, constata-se ausência de efeitos, à exceção da dose de 4,3 t ha⁻¹ de calcário, sem aplicação de gesso, estatisticamente superior ao tratamento com aplicação de gesso (Tabela 10).

Em termos de matéria seca de plântulas normais do envelhecimento acelerado aos 6 meses, destacou-se a dose de $2,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário no tratamento sem gesso e de $2,7$ e $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ nos tratamentos com gesso. Não se constatou benefícios claros da aplicação de gesso, considerando as doses de calcário. Aos seis meses, as doses mais elevadas de calcário destacaram-se ao proporcionarem plântulas com maior massa de matéria seca após o envelhecimento acelerado.

O teor de água das sementes, no teste de envelhecimento acelerado, revelaram-se compatíveis aos indicados por Lemos et al. (2001). Este autor constatou que sementes de feijão com teores de água mais elevados ao final do teste de envelhecimento acelerado apresentaram menor vigor. De acordo com Marcos Filho (1999), esse comportamento ocorre devido às alterações degenerativas no metabolismo das sementes, provocando a queda da viabilidade, a redução da velocidade da germinação e/ou a morte das sementes.

Efeito nítido dos efeitos da calagem foram detectados pelo teste de condutividade elétrica. Desse modo, tanto ao início quanto aos 6 meses de armazenamento, constatou-se redução da condutividade elétrica no lixiviado das sementes nas doses de calcário mais elevadas ($2,7$ e $4,3 \text{ t ha}^{-1}$) independente dos tratamentos com e sem gesso. Esse efeito pode ser atribuído à função estrutural do cálcio que, entre outras funções, é responsável pela integridade das membranas celulares (Sá, 1994); também Rosseto (1993) observou efeito favorável da calagem na qualidade de sementes de amendoim, avaliado pelo teste de condutividade elétrica.

TABELA 10. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês			6 meses		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias	s/ gesso	c/ gesso	Médias
Envelhecimento acelerado %	0,0	61,50	65,50	63,50^{bc}	46,00 ^{cA}	48,00 ^{aA}	47,00
	1,1	54,50	59,50	57,00^c	51,50 ^{bcA}	62,50 ^{aA}	57,00
	2,7	72,50	67,50	70,00^{ab}	65,00 ^{abA}	59,50 ^{aA}	62,25
	4,3	73,50	73,00	73,25^a	70,50 ^{aA}	54,50 ^{aB}	62,50
	Médias	65,50^A	66,38^A		58,25	56,13	
MSP - EA mg pl. ⁻¹	0,0	3,03 ^{bcA}	2,92 ^{bcA}	2,98	2,68	2,35	2,51^b
	1,1	3,17 ^{abA}	2,79 ^{cB}	2,98	2,82	2,65	2,74^b
	2,7	3,52 ^{aA}	3,38 ^{aA}	3,45	3,67	3,48	3,57^a
	4,3	2,61 ^{cB}	3,33 ^{abA}	2,97	3,69	3,11	3,40^a
	Médias	3,08	3,11		3,21^A	2,90^B	
Teor de água do EA %	0,0	37,15 ^{aA}	32,04 ^{abB}	34,59	30,32	27,74	29,03
	1,1	33,79 ^{abA}	27,40 ^{bB}	30,60	26,95	24,65	25,80
	2,7	28,93 ^{bB}	35,10 ^{aA}	32,02	26,74	37,80	32,27
	4,3	29,11 ^{bA}	29,53 ^{bA}	29,32	26,59	24,46	25,52
	Médias	32,24	31,02		27,65	28,66	
Condutividade elétrica μS/cm/g	0,0	84,03 ^{aA}	91,52 ^{aA}	87,77	77,18 ^{aA}	78,31 ^{aA}	77,74
	1,1	85,57 ^{aB}	95,33 ^{aA}	90,45	68,82 ^{aB}	78,41 ^{aA}	73,62
	2,7	64,34 ^{bA}	65,07 ^{bA}	64,71	55,36 ^{bA}	49,38 ^{bA}	52,37
	4,3	38,08 ^{cB}	59,67 ^{bA}	48,87	36,22 ^{cB}	47,59 ^{bA}	41,90
	Médias	68,00	77,90		59,39	63,42	

MSP – matéria seca de plântulas; EA – envelhecimento acelerado; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

Conforme apresentado nas Tabelas 5 e 11, foram acusados efeitos da interação calagem e gessagem nos testes de emergência em campo e índice de velocidade de emergência, aos 0 e 6 meses de armazenamento, e no teste de lixiviação de K, aos 6 meses; efeitos isolados de calcário e gesso foram indicados no teste de lixiviação de K, ao 0 mês.

A lixiviação de K das sementes de arroz reduziu-se com aplicação de calcário, tanto ao início quanto ao final do período de armazenamento, coincidindo com os resultados do teste de emergência em campo. A aplicação de gesso tendeu a reduzir o vigor, avaliado pela lixiviação de K.

De acordo com os dados dos testes de emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas no campo, constatou-se indicações de benefícios à qualidade das sementes para dose mais elevada de calcário, na ausência de gesso, após o armazenamento por seis meses, o que não foi verificado no início do armazenamento.

Os valores encontrados aos seis meses foram mais elevados que aqueles ao início do armazenamento, em decorrência de temperaturas mais favoráveis aos processos de germinação e emergência das plântulas.

TABELA 11. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês			6 meses		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias	s/ gesso	c/ gesso	Médias
Lixiviação de K mg g ⁻¹	0,0	2,01	2,04	2,03 a	1,32 aA	1,31 aA	1,31
	1,1	2,04	2,22	2,13 a	1,21 aB	1,30 aA	1,25
	2,7	1,29	1,44	1,36 b	1,05 bA	0,97 bA	1,01
	4,3	0,78	1,25	1,02 c	0,79 cB	0,94 bA	0,87
	Médias	1,53 B	1,74 A		1,09	1,13	
Lixiviação de Ca mg g ⁻¹	0,0	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000
	1,1	0,0018	0,0033	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000
	2,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	4,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Médias	0,0014	0,0008		0,0000	0,0000	
Emergência em campo %	0,0	32,00 aA	26,00 abA	29,00	35,50 bA	44,00 aA	39,75
	1,1	22,50 aA	32,00 aA	27,25	29,50 bA	48,00 aA	38,75
	2,7	25,00 aA	29,00 abA	27,00	26,50 bA	44,50 aA	35,50
	4,3	28,00 aA	13,00 bB	20,50	69,50 aA	39,00 aB	54,25
	Médias	26,88	25,00		40,25	43,88	
IVE	0,0	1,05 aA	0,77 abA	0,91	1,70 bA	2,06 aA	1,88
	1,1	0,71 aA	1,03 aA	0,87	1,37 bB	2,67 aA	2,02
	2,7	0,78 aA	0,98 aA	0,88	1,33 bA	2,31 aA	1,82
	4,3	0,94 aA	0,45 bB	0,69	4,24 aA	2,04 aB	3,14
	Médias	0,87	0,81		2,16	2,27	

IVE – índice de velocidade de emergência; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

De acordo com a análise de regressão (Tabela 12), a matéria seca de plântulas do envelhecimento acelerado (0 e 6 meses), a emergência em campo e índice de velocidade (0 mês) ajustaram-se a uma função quadrática, destacando-se as doses entre 1,57 e 3,56 t ha⁻¹ de calcário como vantajosas ao vigor das sementes de arroz. Aos 6 meses, a emergência em campo e o índice de velocidade de emergência se comportaram de forma quadrática, apresentando doses mínimas entre 1,27 e 1,57 t ha⁻¹ de calcário, indicativo de que doses acima destes valores ocasionaram sementes mais vigorosas.

As doses de calcário elevaram a porcentagem de plântulas normais do envelhecimento acelerado, de forma linear. Já, a condutividade elétrica e a lixiviação de K apresentaram um comportamento linear decrescente; assim, a diminuição da lixiviação de solutos das sementes com as crescentes doses de calcário indicaria a melhor integridade das membranas (Tabela 12). Portanto, o calcário forneceu cálcio para a cultura do arroz, contribuindo para a produção de sementes de boa qualidade fisiológica.

Segundo Bewley & Black (1982), a integridade das membranas é incompleta durante alguns minutos após a embebição; com o decorrer do tempo essa situação se altera com a retomada natural de sua configuração mais estável ou através da restauração por algum mecanismo enzimático ainda não identificado. Assim, nas sementes mais deterioradas ou não viáveis esses mecanismos de reparo estariam ausentes ou seriam ineficientes, ou as membranas estariam tão danificadas que o reparo seria impossível. Portanto, a desestruturação e perda da integridade das membranas celulares, causadas principalmente pela oxidação de lipídios, promovem o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, com reflexos diretos sobre a qualidade fisiológica das sementes (Dias, 1994).

TABELA 12. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês	PM	R^2	6 meses	PM	R^2
	Equações		%	Equações		%
Envelhecimento acelerado (%)				Envelhecimento acelerado (%)		
C	$Y = 3,08x + 59,71$	**	64,36	$Y = 3,43x + 50,24$	**	78,96
C x SG	$Y = 3,89x + 57,62$	**	64,13	$Y = 6,00x + 46,11$	**	97,27
C x CG	$Y = 2,26x + 61,79$	*	58,20	$Y = -2,38x^2 + 11,18x + 49,55$	2,35*	80,13
MSP – EA (mg pl.⁻¹)				MSP – EA (mg pl.⁻¹)		
C	$Y = -0,07x^2 + 0,34x + 2,89$	2,43**	54,01	$Y = -0,08x^2 + 0,57x + 2,42$	3,56*	88,58
C x SG	$Y = -0,14x^2 + 0,52x + 2,95$	1,86**	83,23	$Y = 0,27x + 2,67$	**	87,00
C x CG	$Y = 0,13x + 2,84$	**	67,17	$Y = -0,11x^2 + 0,69x + 2,25$	3,14*	87,69
Teor de água do EA (%)				Teor de água do EA (%)		
C	$Y = -0,95x + 33,55$	**	62,07		ns	
C x SG	$Y = -1,96x + 36,21$	**	85,86		ns	
Condutividade elétrica (µS/cm/g)				Condutividade elétrica (µS/cm/g)		
C	$Y = -10,06x + 93,33$	**	91,36	$Y = -8,96x + 79,55$	**	96,77
C x SG	$Y = -2,69x^2 + 0,39x + 85,36$	0,07**	98,80	$Y = -9,46x + 78,55$	**	98,89
C x CG	$Y = -8,86x + 95,84$	**	84,33	$Y = -8,46x + 80,54$	**	84,64
Lixiviação de K (mg g⁻¹)				Lixiviação de K (mg g⁻¹)		
C	$Y = -0,27x + 2,18$	**	89,17	$Y = -0,11x + 1,33$	**	97,85
C x SG	$Y = -0,31x + 2,16$	**	93,20	$Y = -0,12x + 1,33$	**	98,02
C x CG	$Y = -0,23x + 2,19$	**	81,58	$Y = -0,10x + 1,33$	**	85,86
Emergência em campo (%)				Emergência em campo (%)		
C x SG		ns		$Y = 6,05x^2 - 18,94x + 37,80$	1,57**	95,58
C x CG	$Y = -2,61x^2 + 8,17x + 26,05$	1,57*	99,99		ns	
IVE				IVE		
C		ns		$Y = 0,15x^2 - 0,38x + 1,99$	1,27*	88,00
C x SG		ns		$Y = 0,39x^2 - 1,15x + 1,84$	1,47**	96,48
C x CG	$Y = -0,10x^2 + 0,34x + 0,77$	1,70**	99,97		ns	

MSP – matéria seca de plântulas; EA – envelhecimento acelerado; PM = $b/-(2a)$; IVE – índice de velocidade de emergência; **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

TABELA 13. Análise de variância (teste F) dos dados de teor de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Nutrientes	0 mês		
	C	G	C x G
Nitrogênio	*	**	ns
Fósforo	*	ns	ns
Potássio	**	ns	*
Cálcio	**	**	*
Magnésio	*	*	*
Enxofre	ns	**	*

**, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Com relação aos teores de nutrientes nas sementes, foi observada interação entre dois fatores (Tabela 13), para K, Ca, Mg e S; a dose de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ na presença de gesso para Ca e S, na ausência de gesso para K, e na presença de gesso para Mg, influenciaram no aumento destes teores. Assim, a aplicação de calcário e gesso, que são fontes de cálcio e enxofre, respectivamente, contribuíram para a elevação destes teores. Caíres et al. (2004) verificou que o efeito do gesso na redução da concentração de magnésio nas folhas de milho mostra que a lixiviação de Mg trocável no solo proporcionada com a sua aplicação prejudicou a absorção do nutriente pelas plantas. Por isso, quando o gesso é aplicado em doses elevadas no solo, devem ser desenvolvidas estratégias para minimizar as perdas de Mg trocável. Por essa razão, o uso de gesso não tem sido recomendado de forma isolada, mas sim em combinação com o calcário dolomítico. No presente trabalho, verificou-se o resultado positivo sobre os teores de magnésio nas sementes, resultante da combinação de calcário e gesso.

Quanto ao efeito isolado de calcário e gesso, as doses de $0,0$ a $2,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário e a ausência de gesso, para nitrogênio e fósforo, contribuíram para a elevação dos mesmos (Tabela 14). Comparando os resultados encontrados neste trabalho, os teores de N e S

foram semelhantes, os de P, K e Mg foram maiores e de Ca foi inferior aos encontrados por Crusciol et al. (2003) para arroz de terras altas.

TABELA 14. Dados médios de teores de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês		Médias
		s/ gesso	c/ gesso	
Nitrogênio g kg ⁻¹	0,0	15,67	15,78	15,72 ab
	1,1	16,12	14,98	15,55 ab
	2,7	16,57	15,96	16,27 a
	4,3	15,86	14,48	15,17 b
	Médias	16,05 A	15,30 B	
Fósforo g kg ⁻¹	0,0	2,83	3,13	2,98 a
	1,1	2,92	2,90	2,91 ab
	2,7	3,07	2,79	2,93 a
	4,3	2,34	2,70	2,52 b
	Médias	2,79	2,88	
Potássio g kg ⁻¹	0,0	6,09 aA	5,47 aA	5,78
	1,1	5,08 bA	5,51 aA	5,29
	2,7	4,65 bA	4,49 bA	4,57
	4,3	2,97 cB	3,75 bA	3,36
	Médias	4,70	4,81	
Cálcio g kg ⁻¹	0,0	0,39 bB	0,53 aA	0,46
	1,1	0,53 aA	0,56 aA	0,55
	2,7	0,42 bA	0,39 bA	0,41
	4,3	0,55 aA	0,62 aA	0,58
	Médias	0,47	0,53	
Magnésio g kg ⁻¹	0,0	1,62 aA	1,76 aA	1,69
	1,1	1,57 abA	1,62 aA	1,59
	2,7	1,68 aA	1,56 aA	1,63
	4,3	1,32 bB	1,64 aA	1,48
	Médias	1,55	1,65	
Enxofre g kg ⁻¹	0,0	1,11 aA	1,09 bA	1,10
	1,1	1,12 aA	1,12 abA	1,12
	2,7	1,03 aB	1,18 abA	1,10
	4,3	1,11 aB	1,20 aA	1,15
	Médias	1,09	1,15	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tukey.

Pela análise de regressão dos dados (Tabela 15), os teores de N, P, Ca, Mg e S se ajustaram a uma função quadrática; as doses entre 1,50 e 2,90 t ha⁻¹ de calcário proporcionaram o aumento dos mesmos. Já, o potássio aumentou, de forma linear, com as doses crescentes de calcário.

TABELA 15. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) de teores de nutrientes em sementes de arroz cv. IAC 202, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês	PM	R ²
	Equações		%
Nitrogênio (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,14x + 15,55	*	45,01
C x SG	Y = -0,28x + 1,01x + 14,98	1,80**	84,41
C x CG	Y = 0,19x ² - 0,90x + 15,94	2,37**	83,82
Fósforo (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,08x ² + 0,24x + 2,71	1,50**	89,03
C x SG	Y = -0,11x ² + 0,38x + 2,54	1,73**	94,79
C x CG	Y = -0,12x + 2,98	**	64,60
Potássio (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,13x + 4,92	**	77,42
C x SG	Y = -0,15x + 4,77	*	43,85
Cálcio (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,03x ² + 0,09x + 0,53	1,50**	98,82
C x SG	Y = -0,02x ² + 0,09x + 0,52	2,25*	56,47
C x CG	Y = -0,03x ² + 0,10x + 0,55	1,67**	87,17
Magnésio (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,03x ² + 0,09x + 1,41	1,50*	72,84
C x SG	Y = -0,04x ² + 0,19x + 1,33	2,38**	77,60
Enxofre (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,07x ² + 0,40x + 0,88	2,86**	93,67
C x SG	Y = -0,10x ² + 0,58x + 0,49	2,90**	94,61
C x CG	Y = -0,04x ² + 0,21x + 1,27	2,63**	91,02

PM = b/-(2a); **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

4.2. Produção e Qualidade de Sementes de Feijão

Pela análise conjunta de épocas (Tabelas 16), houve diferença significativa entre épocas de armazenamento das sementes, para todas as variáveis analisadas. Assim, pôde-se verificar a resposta do feijão à aplicação de calcário e gesso, ao longo do tempo, sobre a qualidade das sementes.

TABELA 16. Quadrados médios da análise conjunta de épocas dos dados de qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).

FV	E	C	G	ExC	ExG	CxG	ExCxG	Resíduo
Primeira contagem (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	600,25**	156,83**	36,00	64,08	2,25	56,17	31,75	25,71
Germinação (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	115,56**	19,23	27,56	0,56	5,06	1,23	9,73	16,15
Envelhecimento acelerado (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	900,00**	254,25**	6,25	35,33	1,00	76,92	65,00	46,79
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	723,88**	269,27	629,88*	190,33	14,42	236,50	118,70	112,07
Lixiviação de K (mg g^{-1})								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	2,80**	0,16	1,25*	0,32	0,93*	0,07	0,35	0,23
Lixiviação de Ca (mg g^{-1})								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	0,1596**	0,0025*	0,0007	0,0016	0,0004	0,0007	0,0009	0,0008
Emergência em campo (%)								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	6201,56**	50,23	3,06	130,23	33,06	25,40	32,40	61,69
IVE								
GL	1	3	1	3	1	3	3	48
QM	3,32**	0,66	0,20	0,57	0,38	0,35	0,13	0,46

E – Época; C – calcário; G – gesso; **, * - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 17 é apresentado o quadro de análise de variâncias dos dados de produção, teor de água, massa de 1000 sementes, classificação de tamanho e de qualidade fisiológica das sementes de feijão produzidas em tratamentos com diferentes doses de calcário, na ausência e presença de gesso.

TABELA 17. Análise de variância (teste F) dos dados de produção e teor de água, na colheita (0 mês), e qualidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	0 mês			6 meses		
	C	G	C x G	C	G	C x G
Produção	ns	ns	ns			
Teor de água	**	**	**			
Massa de 1000 sementes	**	**	*			
Teste de uniformidade						
Peneira 16	**	ns	**			
Peneira 15	**	**	*			
Peneira 14	ns	ns	ns			
Peneira 13	*	ns	*			
Peneira 12	**	ns	ns			
Peneira 11	ns	ns	ns			
1 ^a contagem	**	ns	ns	ns	ns	ns
Germinação	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Envelhecimento acelerado	ns	ns	ns	**	ns	ns
Teor de água do EA	ns	ns	*	ns	ns	ns
Condutividade elétrica	ns	ns	ns	ns	*	ns
Lixiviação de K	*	ns	*	ns	ns	ns
Lixiviação de Ca	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Emergência em campo	ns	ns	ns	*	ns	ns
IVE	ns	ns	ns	**	ns	**

C – calcário; G – gesso; EA – envelhecimento acelerado; **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

TABELA 18. Dados médios de produção, teor de água e massa de 1000 de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias
Produção kg ha ⁻¹	0,0	1797,08	1841,63	1819,36
	1,1	1998,70	1951,13	1974,92
	2,7	2250,02	2140,74	2195,38
	4,3	1914,83	2257,09	2085,96
	Médias	1990,16	2047,65	
Teor de água %	0,0	14,57 cB	14,84 cA	14,71
	1,1	14,91 bB	15,54 aA	15,23
	2,7	15,20 aA	15,30 bA	15,25
	4,3	14,93 bB	15,13 bA	15,03
	Médias	14,90	15,20	
Massa de 1000 sementes g	0,0	334,25 bA	336,72 bA	335,49
	1,1	335,54 abB	345,27 aA	340,40
	2,7	341,72 aA	341,80 abA	341,76
	4,3	332,93 bB	340,74 abA	336,84
	Médias	336,11	341,13	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tuckey.

Não houve efeito significativo das doses de calcário e gesso sobre a produção de sementes, provavelmente, devido ao equilíbrio químico apresentado pelo solo para a cultura do feijão. Este mesmo comportamento foi observado por Moraes et al. (1998) num estudo sobre a calagem e/ou a gessagem nos componentes de rendimento e na produção de grãos de feijão. Também, Moreira (1999) verificou que a calagem não influenciou a produção de grãos de soja com combinações intermediárias de doses de calcário (1,5 t ha⁻¹) e fósforo (200 kg ha⁻¹). No entanto, Berton Júnior (2002) e Dias & Cervantes (1990) observaram efeito positivo da calagem sobre o rendimento de grãos de feijão.

Foi observada interação significativa entre dois fatores (Tabela 17 e 18), considerando a massa de 1000 sementes; a aplicação de calcário, em combinação com gesso, influenciou no aumento da massa das sementes.

TABELA 19. Dados médios do teste de uniformidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias
Peneira 16 %	0,0	1,77 bB	4,12 aA	2,94
	1,1	4,77 aA	4,21 aA	4,49
	2,7	3,81 abA	4,94 aA	4,38
	4,3	3,09 abA	1,26 bB	2,17
	Médias	3,36	3,63	
Peneira 15 %	0,0	11,74 bB	17,66 abA	14,70
	1,1	19,86 aA	21,48 aA	20,67
	2,7	13,81 bB	19,56 abA	16,68
	4,3	16,41 abA	14,74 bA	15,57
	Médias	15,45	18,36	
Peneira 14 %	0,0	35,18	33,81	34,49
	1,1	37,22	38,28	37,75
	2,7	41,44	35,39	38,41
	4,3	38,48	34,96	36,72
	Médias	38,08	35,61	
Peneira 13 %	0,0	26,97 aA	22,63 abA	24,80
	1,1	20,62 aA	18,41 bA	19,51
	2,7	24,16 aA	18,77 bB	21,46
	4,3	22,60 aA	27,49 aA	25,04
	Médias	23,58	21,82	
Peneira 12 %	0,0	13,84	10,92	12,38 a
	1,1	8,68	9,08	8,88 c
	2,7	8,97	10,54	9,75 bc
	4,3	10,94	12,30	11,62 ab
	Médias	10,61 A	10,71 A	
Peneira 11 %	0,0	4,40	3,67	4,03
	1,1	3,30	2,77	3,03
	2,7	2,76	3,40	3,08
	4,3	3,27	3,89	3,58
	Médias	3,43	3,43	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tuckey.

O teste de uniformidade (Tabela 19) indicou as peneiras 15, 14 e 13 como aquelas em que se concentrou a maior fração das sementes de feijão. As interações verificadas indicaram o favorecimento da produção de sementes maiores com o emprego de

doses de 1,1 – 2,7 t ha⁻¹ de calcário com aplicação de gesso. Todavia, na dose de 4,3 t ha⁻¹ de calcário na presença de gesso constatou-se redução na porcentagem de sementes grandes (peneiras 15 e 16) e aumento na porcentagem de sementes pequenas (peneira 13) (Tabela 19). No entanto, a maioria das sementes ficaram retidas na peneira 14, mas não houve diferença significativa para as doses de calcário e gesso, para este tamanho.

TABELA 20. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) de massa de 1000 e teste de uniformidade de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês Equações	PM	R ² %
Produção (kg ha⁻¹)			
C x CG	$Y = 98,77x + 1847,63$	*	99,05
Teor de água (%)			
C	$Y = -0,09x^2 + 0,47x + 14,74$	2,61**	92,77
C x SG	$Y = -0,09x^2 + 0,46x + 14,55$	2,56**	98,21
C x CG	$Y = -0,10x^2 + 0,48x + 14,93$	2,40**	67,12
Massa de 1000 sementes (g)			
C	$Y = -1,27x^2 + 5,76x + 335,52$	2,27**	99,95
C x SG	$Y = -1,42x^2 + 6,22x + 333,08$	2,19**	69,72
C x CG	$Y = -1,12x^2 + 5,30x + 337,97$	2,37*	58,59
Peneira 16 (%)			
C	$Y = -0,46x^2 + 1,79x + 2,98$	1,95**	99,55
C x SG	$Y = -0,44x^2 + 2,08x + 2,15$	2,36**	69,57
C x CG	$Y = -0,48x^2 + 1,50x + 3,82$	1,56**	88,64
Peneira 15 (%)			
C	$Y = -0,78x^2 + 3,17x + 15,75$	2,03**	47,74
C x CG	$Y = -1,01x^2 + 3,55x + 18,01$	1,76**	95,11
Peneira 13 (%)			
C	$Y = 1,05x^2 - 4,26x + 24,22$	2,03**	84,92
C x CG	$Y = 1,58x^2 - 5,69x + 22,67$	1,80**	99,97
Peneira 12 (%)			
C	$Y = 0,65x^2 - 2,84x + 12,02$	2,18**	84,05
C x SG	$Y = 0,89x^2 - 4,36x + 13,40$	2,45**	88,58

PM = b/-(2a); **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

De acordo com a análise de regressão, apresentada na Tabela 20, a produção de sementes ajustou-se, de forma linear às doses de calcário na presença de gesso. O teor de água apresentou um comportamento quadrático, sendo que as doses entre 2,40 e 2,61 t ha⁻¹ promoveram o aumento da porcentagem de água nas sementes. Com relação à massa e ao tamanho das sementes, os dados se ajustaram a uma função quadrática, com o ponto máximo entre 1,56 e 2,37 t ha⁻¹ de calcário; assim doses extremas de calcário provocaram redução da massa e tamanho das sementes (peneiras 15 e 16) (Tabela 20). Também, foi encontrado comportamento quadrático para as peneiras 12 e 13, onde as doses mínimas entre 1,80 e 2,45 t ha⁻¹ proporcionaram a menor produção de sementes pequenas. Portanto, as doses intermediárias de calcário produziram maior porcentagem de sementes graúdas (peneiras 15 e 16) e, conseqüentemente, reduziram a porcentagem de sementes menores (peneiras 12 e 13). Vários autores observaram que o peso de 100 sementes foi favorecido pela presença de calcário, com maiores doses influenciando na geração de porcentagem mais elevada de sementes graúdas (Vale, 1994; Vale & Nakagawa, 1996; Vale et al., 1997a e Vale et al., 1997b).

TABELA 21. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês			6 meses		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias	s/ gesso	c/ gesso	Médias
Primeira contagem %	0,0	75,00	76,50	75,75 b	86,50	89,00	87,75
	1,1	88,00	77,00	82,50 ab	87,00	84,50	85,75
	2,7	83,50	84,50	84,00 a	91,00	87,50	89,25
	4,3	86,50	87,50	87,00 a	91,50	90,50	91,00
	Médias	83,25 A	81,38 A		89,00	87,88	
Germinação %	0,0	92,00	91,00	91,50	94,00	93,50	93,75
	1,1	91,50	88,50	90,00	93,00	93,00	93,00
	2,7	94,00	90,00	92,00	95,00	95,00	95,00
	4,3	92,50	93,00	92,75	96,50	94,00	95,25
	Médias	92,50	90,63		94,63	93,88	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tuckey.

A maioria dos testes de vigor não foram eficientes em acusar efeitos de doses de calcário e gesso. No entanto, foi observada interação significativa entre ambos os fatores, apenas para lixiviação de K (0 mês) e índice de velocidade de emergência (aos 6 meses) (Tabela 19), sendo que as doses de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$, na presença de gesso, e de $2,7 \text{ t ha}^{-1}$, na ausência de gesso, propiciaram menor lixiviação de potássio e maior vigor das sementes (Tabela 22). Houve efeito isolado das doses de calcário, para primeira contagem (0 mês), envelhecimento acelerado e emergência em campo (6 meses), com as doses de $2,7$ e $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ influenciando, positivamente, o vigor das sementes (Tabelas 21 e 22).

Constatou-se efeito isolado de gesso na condutividade elétrica (6 meses); a ausência do mesmo proporcionou a menor lixiviação de solutos, indicando melhor integridade de membranas. Pelos resultados observados verificou-se a manifestação do vigor nos testes de campo (emergência em campo e IVE), aos 6 meses, fato este que pode ser explicado pelas altas temperaturas que ocorreram nesta época (Tabelas 21 e 22). Vale & Nakagawa observaram efeito das doses de calcário na condutividade elétrica e na velocidade de emergência em campo. Vale et al. (1997a, 1997b) encontraram efeito de calcário sobre a condutividade elétrica, porém não verificaram diferenças para porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência.

Não foram observadas diferenças estatísticas, na interação entre dois fatores e nos efeitos isolados de calcário e gesso, nas duas épocas (0 e 6 meses), para germinação de sementes e lixiviação de Ca. Vale & Nakagawa (1996) e Vieira (1989) também não encontraram efeito das doses de calcário sobre a germinação de sementes de feijão. Já, Vale et al. (1997a, 1997b) verificaram respostas da calagem sobre a germinação para alguns tratamentos. Assim como neste trabalho, Vanzolini & Nakagawa (2003) observaram que a lixiviação de Ca foi o que proporcionou resultados menos consistentes, não sendo um bom indicativo da qualidade de sementes de amendoim.

TABELA 22. Dados médios da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês) e após armazenamento (6 meses), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês			6 meses		
		s/ gesso	c/ gesso	Médias	s/ gesso	c/ gesso	Médias
Envelhecimento acelerado %	0,0	72,00	70,00	71,00	76,50	78,50	77,50 ab
	1,1	66,50	63,50	65,00	65,50	72,50	69,00 b
	2,7	73,50	68,50	71,00	84,00	75,00	79,50 a
	4,3	66,50	73,00	69,75	81,50	80,00	80,75 a
	Médias	69,63	68,75		76,88 A	76,50 A	76,69
Teor de água do EA %	0,0	32,56 abA	31,76 aA	32,16	35,46	34,45	34,95
	1,1	35,02 aA	32,27 aA	33,64	33,81	31,34	32,57
	2,7	30,95 bB	34,50 aA	32,73	33,31	33,00	33,15
	4,3	34,39 abA	33,16 aA	33,77	34,89	34,40	34,65
	Médias	33,23	32,92		34,37	33,29	
Condutividade elétrica µS/cm/g	0,0	84,53	88,95	86,74	90,85	95,34	93,09 a
	1,1	89,99	112,01	101,00	93,76	103,22	98,49 a
	2,7	89,91	93,77	91,84	95,24	106,78	101,01 a
	4,3	92,10	83,09	87,60	99,79	103,18	101,48 a
	Médias	89,13	94,45		94,91 B	102,13 A	
Lixiviação de K mg g ⁻¹	0,0	1,6118 aA	1,6668 bA	1,6393	1,8882	2,1155	2,0019
	1,1	1,7458 aB	2,1850 aA	1,9654	1,8215	2,1895	2,0055
	2,7	1,7488 aA	1,6710 bA	1,7099	2,0855	2,5515	2,3185
	4,3	1,8448 aA	1,5795 bA	1,7121	1,8640	1,9558	1,9099
	Médias	1,7378	1,7756		1,9148	2,2031	
Lixiviação de Ca mg g ⁻¹	0,0	0,0180	0,0228	0,0204	0,1440	0,1528	0,1484
	1,1	0,0233	0,0228	0,0230	0,1175	0,0940	0,1058
	2,7	0,0195	0,0118	0,0156	0,0930	0,1355	0,1143
	4,3	0,0045	0,0140	0,0093	0,0898	0,1090	0,0994
	Médias	0,0163	0,0178		0,1111	0,1228	
Emergência em campo %	0,0	68,00	73,50	70,75	84,50	82,50	83,50 b
	1,1	58,00	63,50	60,75	87,50	85,00	86,25 ab
	2,7	67,50	63,50	65,50	90,00	87,00	88,50 a
	4,3	67,50	64,50	66,00	83,50	83,50	83,50 b
	Médias	65,25	66,25		86,38 A	84,50 A	
IVE	0,0	4,30	4,82	4,56	4,35 bB	4,89 aA	4,62
	1,1	3,77	4,13	3,95	5,06 aA	4,76 aA	4,91
	2,7	4,56	4,91	4,73	5,19 aA	4,96 aA	5,07
	4,3	4,39	4,22	4,31	4,86 aA	4,68 aA	4,77
	Médias	4,26	4,52		4,86	4,82	

EA – envelhecimento acelerado; Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tuckey.

TABELA 23. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Pérola, considerando doses de calcário e aplicação de gesso, no início (0 mês) e no final (6 meses) do armazenamento, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês	PM	R^2	6 meses	PM	R^2
	Equações		%	Equações		%
Primeira contagem (%)						
C	$Y = 2,35x + 77,55$	**	86,35		ns	
C x SG	$Y = 1,88x + 79,45$	*	36,85		ns	
C x CG	$Y = 2,83x + 75,64$	**	94,02		ns	
Envelhecimento acelerado (%)						
C		ns		$Y = 1,57x + 73,51$	*	30,94
C x SG		ns		$Y = 2,51x + 71,79$	*	33,17
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)						
C	$Y = -2,06x^2 + 8,21x + 89,10$	1,99*	56,69		ns	
C x CG	$Y = -3,69x^2 + 13,02x + 92,99$	1,76*	65,47		ns	
Lixiviação de K (mg g^{-1})						
C x CG	$Y = -0,06x^2 + 0,20x + 1,78$	1,67*	44,92		ns	
Lixiviação de Ca (mg g^{-1})						
C	$Y = -0,003x + 0,023$	*	82,72	$Y = -0,009x + 0,135$	*	59,75
C x SG		ns		$Y = -0,013x + 0,137$	*	88,06
Emergência em campo (%)						
C		ns		$Y = -1,03x^2 + 4,53x + 83,20$	2,20**	94,81
C x SG		ns		$Y = -1,25x^2 + 5,28x + 84,10$	2,11**	94,01
IVE						
C		ns		$Y = -0,08x^2 + 0,38x + 4,61$	2,38**	99,20
C x SG		ns		$Y = -0,14x^2 + 0,69x + 4,39$	2,46**	96,70

EA – envelhecimento acelerado; PM = $b/-(2a)$; **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

De acordo com a análise de regressão, os dados de primeira contagem de germinação (0 mês) e de envelhecimento acelerado (6 meses) ajustaram-se a uma função linear crescente, indicando elevação do vigor com doses crescentes de calcário. Já, a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio (0 mês), a emergência em campo e o índice de velocidade de emergência (6 meses) apresentaram um comportamento quadrático, sendo que as doses entre 2,11 e 2,38 t ha⁻¹ de calcário influenciaram no aumento do vigor das sementes (Tabela 23). A lixiviação de Ca se ajustou a uma função linear decrescente, onde as doses de calcário reduziram a lixiviação de Ca, o que indica a boa integridade das membranas.

Portanto, as doses de calcário na presença ou ausência de gesso

influenciaram na produção de sementes de boa qualidade, o que pode ser atribuído ao fornecimento de cálcio à cultura pela calagem, sendo que este nutriente é responsável pela integridade das membranas.

TABELA 24. Análise de variância (teste F) dos dados de teor nutrientes em sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Nutrientes	0 mês		
	C	G	C x G
Nitrogênio	ns	ns	ns
Fósforo	**	ns	ns
Potássio	*	ns	ns
Cálcio	**	**	*
Magnésio	**	ns	ns
Enxofre	**	**	ns

**, * , ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Com relação aos teores de nutrientes nas sementes, houve interação entre dos fatores somente para Ca, onde a dose de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ na presença de gesso proporcionou o aumento no teor do mesmo. Foi observado efeito isolado de calcário para P, K, Mg e S, sendo que a dose de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ foi responsável pelo aumento dos teores destes nutrientes nas sementes. Já, o gesso teve efeito isolado apenas sobre o teor de S, o que é explicado pelo fato deste insumo possuir enxofre em sua composição (Tabelas 24 e 25). Vale (1994) encontrou efeito positivo das doses de calagem sobre o teor de nitrogênio nas sementes. Vieira (1989) verificou que as doses de calcário não afetaram a porcentagem e a quantidade (mg semente^{-1}) de N e Ca nas sementes, mas a quantidade de P, K e Mg e a porcentagem de Mg aumentaram com a dose. Os teores de N, K e Ca foram semelhantes, e os de P e Mg apresentaram-se superiores aos valores encontrados por Vieira (1989) e Vale (1994).

TABELA 25. Dados médios de teores de nutrientes em sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

Determinações	Calcário t ha ⁻¹	0 mês		Médias
		s/ gesso	c/ gesso	
Nitrogênio g kg ⁻¹	0,0	34,13	33,53	33,83
	1,1	33,85	32,73	33,29
	2,7	32,94	33,74	33,34
	4,3	33,32	34,44	33,88
	Médias	33,56	33,61	
Fósforo g kg ⁻¹	0,0	4,60	4,60	4,60 c
	1,1	4,96	5,14	5,05 ab
	2,7	4,97	5,01	4,99 b
	4,3	5,31	5,26	5,28 a
	Médias	4,96 A	5,00 A	
Potássio g kg ⁻¹	0,0	7,33	7,95	7,64 b
	1,1	8,60	8,88	8,74 a
	2,7	8,80	8,45	8,63 ab
	4,3	8,45	9,10	8,78 a
	Médias	8,29 A	8,59 A	
Cálcio g kg ⁻¹	0,0	3,35 aA	3,83 abA	3,59
	1,1	2,68 abA	2,76 bA	2,73
	2,7	2,25 bA	2,98 bA	2,61
	4,3	3,00 abB	4,73 aA	3,86
	Médias	2,82	3,58	
Magnésio g kg ⁻¹	0,0	2,40	2,35	2,38 b
	1,1	2,45	2,33	2,39 b
	2,7	2,45	2,38	2,41 b
	4,3	2,50	2,55	2,53 a
	Médias	2,45 A	2,40 A	
Enxofre g kg ⁻¹	0,0	1,40	1,87	1,63 b
	1,1	2,22	2,50	2,36 a
	2,7	2,13	2,31	2,22 a
	4,3	2,30	2,44	2,37 a
	Médias	2,01 B	2,28 A	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo Teste de Tuckey.

Pela análise de regressão (Tabela 26), os dados de P e Mg aumentaram de forma linear com as doses de calcário. Já, o K e S tiveram um comportamento quadrático, onde as doses entre 2,74 e 3,25 t ha⁻¹ proporcionaram o máximo teor. O Ca apresentou um ajuste quadrático dos dados, apresentando pontos mínimos entre 1,82 e 2,39 t ha⁻¹, assim doses superiores a este intervalo proporcionaram o aumento no teor de cálcio nas sementes. Portanto, as doses de calcário na presença ou ausência de gesso melhoraram as propriedades químicas do solo, e assim contribuíram para o aumento do teor de nutrientes nas sementes.

TABELA 26. Equações de regressão linear e quadrática, ponto máximo ou mínimo (PM) e coeficiente de determinação (R²) de teores de nutrientes de sementes de feijão cv. Pérola, na colheita (0 mês), considerando doses de calcário e aplicação de gesso, Botucatu (SP).

TRAT	0 mês Equações	PM	R ² %
Fósforo (g kg⁻¹)			
C	Y = 0,13x + 4,71	**	76,13
C x SG	Y = 0,14x + 4,66	**	87,14
C x CG	Y = 0,12x + 4,76	**	61,58
Potássio (g kg⁻¹)			
C	Y = 0,21x + 8,02	*	53,77
C x SG	Y = -0,21x ² + 1,15x + 7,41	2,74*	79,67
Cálcio (g kg⁻¹)			
C	Y = 0,27x ² - 1,08x + 3,59	2,00**	100,00
C x SG	Y = 0,19x ² - 0,91x + 3,38	2,39**	98,63
C x CG	Y = 0,34x ² - 1,24x + 3,80	1,82**	99,65
Magnésio (g kg⁻¹)			
C	Y = 0,03x + 2,36	**	84,64
C x CG	Y = 0,05x + 2,31	**	74,06
C x CG	Y = 0,02x ² - 0,05x + 2,35	1,25*	99,94
Enxofre (g kg⁻¹)			
C	Y = -0,07x ² + 0,44x + 1,73	3,14**	72,44
C x SG	Y = -0,08x ² + 0,52x + 1,50	3,25**	79,03
C x CG	Y = 0,09x + 2,09	*	38,69

PM = b/-(2a); **, *, ns - teste de F significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados pode-se concluir que:

- A aplicação de calcário melhora as características químicas do solo e contribui, assim, para o aumento na produção de sementes de arroz com boa qualidade fisiológica;
- A combinação de calcário e gesso tem efeito positivo sobre a produção e os teores de Ca, Mg e S das sementes de arroz;
- O calcário não tem efeito sobre a produção de sementes de feijão, em sucessão ao arroz, como decorrência da provável estabilização das características químicas do solo, o que pode contribuir para aumentar a produção de sementes de maior tamanho e de boa qualidade;
- A aplicação de calcário, juntamente com o gesso, foi benéfica para o aumento no tamanho e teor de nutrientes das sementes de feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, C.R. et al. IAC 202: arroz de alta produtividade e qualidade para cultura de sequeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v.52, n.1, p.24-25, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal, 1992. 365p.

BERTON JÚNIOR, J.F. et al. Efeito da calagem, fixação biológica de nitrogênio e aplicação foliar de cobalto mais molibdênio, sobre o rendimento de grão na cultura do feijoeiro. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS / SBM, 2002. 1 CD-ROM.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer-Verlag, v.2, 1982. 375p.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado. **Boletim Científico**, Botucatu, v.1, p.1-95, 1983.

COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.B.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.647-654, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas em função da calagem e da fosfatagem. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS / SBM, 2002. p.80. 1 CD-ROM.

DIAS, D.C.F.S. **Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1994. 136f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELO, Q.A.C. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.444-451, 1997.

DIAZ, C.; CERVANTES, C.A. Efecto del encalado sobre la produccion de seis cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. en un Ultisol de Pejibaye de Perez Zeledon. **Agronomia Costarricense**, San Jose, v.14, n.2, p.257-262, 1990.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p.

DUARTE, A.P. et al. Resposta de cultivares de arroz-de-sequeiro à calagem. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.353-361, 1999.

DYNIA, J.F.; MORAES, J.F.V. Calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado e feijoeiro em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.6, p. 831-838, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Manual técnico do arroz**. Brasília: EMBRATER / COPER, 1983. 186P. (Manuais, 3)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivares de feijão**. Disponível em <<http://www.cnpaf.embrapa.br/pesquisa/perola.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2004.

FAGERIA, N.K. Resposta do arroz de terras altas à correção do solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2303-2307, 2000.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. Rice and common bean growth and nutrient concentration as influenced by aluminum on an acid lowland soil. **Journal of plant nutrition**, USA, v. 21, n.5, p.903-912, 1998.

FARINA, M.P.W.; CHANNON, P. Acid subsoil smelioration. I. A comparison of several mechanical procedures. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v.52, p.160-175, 1988.

FEITOSA, C.T. et al. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p.156-159, 1989.

FERNANDEZ, E.M.; ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função da calagem e do método de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.19, n.1, p.34-40, 1997.(a)

FERNANDEZ, E.M. et al. Fungus incidence on peanut grains as affected by drying method and Ca nutrition. **Field Crops Research**, Molenwerf, v.52, p.9-15, 1997.(b)

FONSECA, N., SARRUGE, J.R., ARZOLLA, J.D.P. Componentes minerais e orgânicos de algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.31, p.507-517, 1974.

GUIMARÃES, P.T.G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas superficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1986. **Anais...** Brasília: Instituto Brasileiro do Fosfato / EMBRAPA / Petrofertil, 1986. p.145-167.

HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n.30, p.381-391, 1967.

HARRINGTON, J.F. Germination of seeds from carrot, lettuce, and paper plants grown under severe nutrient deficiencies. **Hilgardia**, Berkeley, v.39, n.7, p.219-235, 1960.

HARRIS, H.C.; BROLMANN, J.B. Comparison of calcium and boron deficiencies of the peanut. II. Seed quality relation to histology and viability. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, n.6, p.578-582, 1966.

KOROBOSKOI, N.F.; BUGAEVSKY, V.K.; ANDRUSENKO, V.V. Change in the planting properties and yield of rice seeds under the influence of fertilizers and ameliorants depending on the degree of soil alkalinity. **Russian-Agricultural-Sciences**, n. 12, p.34-37, 1999, publ. 2001; translated from Doklady Rossiiskoi Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk, Ru, n.6, p.27-29, 1999.

LEMOES, L.B. et al. Temperatura e período de exposição no teste de envelhecimento acelerado em sementes de cultivares de feijão. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.10, n.1, p.225-237, 2001.

LIMA, L.D.M. et al. Avaliação da produção de amendoim em função do teor de cálcio no solo. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS/SBM, 2002. 1 CD-ROM.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. (Coords.). **Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água**. Campinas: CATI, 1994. 15p. (Manual Técnico 38)

MAEDA, J.A.; LAGO, A.A.; TELLA, R. Efeito de calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p.941-944, set. 1986.

MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: Instituto Brasileiro do Fosfato, 1992. p.41-66.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1997. 195p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor em sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Testes de vigor. In: _____. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. p.149-201.

MARTINS, O.C. et al. Respostas à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. II – Crescimento de raízes, absorção de nutrientes e produtividade da soja. **Ceres**, Viçosa, v.34, p.451-466, 1998.

MESQUITA, H.A. **Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1993. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993.

MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Adubação, calagem, disponibilidade de nutrientes e produção de arroz e feijão em solo nivelado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1443-1449, 1998.

MORAES, J.F.L. et al. Efeitos de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.75-82, 1998.

MOREIRA, S.G. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produção de soja.** 1999. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MUZILLI, O.; GODOY, O.P. **Acidez do solo e desenvolvimento do feijoeiro:** II. Ação de diferentes níveis de acidez do solo na absorção de N, P, K Ca e Mg pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar “Goiano precoce” em solo Latossol Roxo distrófico. Londrina: Fundação IAPAR, 8, 1977. 36p.

NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, J.; ROSSETO, C.A.V. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na qualidade de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.505-512, abr. 1990.

NICOLODI, M. et al. Rendimento de grãos e nutrição da soja sob diferentes doses de calcário e fósforo no sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho Distrófico. In: FERTBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS/SBM, 2002. 1 CD-ROM.

QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: MALAVOLTA, E. **Seminário sobre corretivos agrícolas.** Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. cap.4, p.123-157.

RAIJ, B.van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B.van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).

RITCHEY, K.D. et al. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madson, v.72, p.40-44, 1980.

ROSSETO, C.A.V. **Efeito do momento de colheita e da calagem na produção e qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cv. Botucatu**. 1993. 114f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de ciências Agrárias, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 1993.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1, Ilha Solteira, 1989. Ilha solteira, UNESP, 1994.

SALGADO, L.T. et al. Calagem para a sucessão das culturas de arroz inundado e feijão irrigado por sulcos. In: VIEIRA, R.F. **PROJETO FEIJÃO (88/92)**. Viçosa, 1992. p.55-59.

SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.303-310, 1989.

SILVA, C.C. Feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.50-54, mai. 1980.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SPINOLA, M.C.M.; CÍCERO, S.M. Qualidades física e fisiológica de sementes de amendoim submetidas a gesso agrícola: I. Área com calagem. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.113-119, 2000.

TURKIEWICZ, L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a germinação e o vigor das sementes de soja (*Glycine Max* L. Merrill).** 1976. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1976.

VALE, L.S.R. **Doses de calcário, desenvolvimento da planta, componentes de produção, produtividade de grãos e absorção de nutrientes de dois cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1994. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J. Efeitos de doses de calcário na qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.18, n.1, p.129-133, 1996.

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Influência do solo e do calcário nas características físicas de sementes de feijão. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.80, 1997. (a)

VALE, L.S.R.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Influência do solo e do calcário nas características fisiológicas de sementes de feijão. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.81, 1997. (b)

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.2, p.7-72, 2003.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.F. Desempenho de sementes de feijão provenientes de diferentes níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1161-1168, 1986.

VIEIRA, R.F. Efeito da calagem sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho, no campo, de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.4, p.409-415, 1989.

VIEIRA, R.D. et al. Efeito da aplicação de calcário e gesso na qualidade de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.2, p.99-108, 1986.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. O gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre - respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. **Anais**. Brasília: EMBRAPA DDT, 1986. p.17-43.