

ROSEMARY GUALBERTO FONSECA ALVARENGA PEREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO POLVILHO DURANTE A
FERMENTAÇÃO EM DIFERENTES MEIOS, COM E
SEM ADIÇÃO DE INÓCULOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para
obtenção do título de «Mestre».

Orientador:

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1994

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
classificação da Biblioteca Central da ESAL

Pereira, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga.
Avaliação da qualidade do polvilho durante
a fermentação em diferentes meios, com e sem a
adição de inóculos / Rosemary Gualberto Fonseca
Alvarenga Pereira. -- Lavras : ESAL, 1994.
86 p. : il.

Orientador: Evódio Ribeiro Vilela.
Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de
Agricultura de Lavras.
Bibliografia.

1. Mandioca - Amido - Fermentação. 2. Mandio
ca - Polvilho - Fermentação. 3. Polvilho - Man-
dioca - Fermentação. 4. Polvilho - Mandioca -
Qualidade. I. Escola Superior de Agricultura de
Lavras. II. Título.

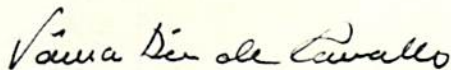
CDD-664.23

ROSEMARY GUALBERTO FONSECA ALVARENGA PEREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO POLVILHO DURANTE A FERMENTAÇÃO EM
DIFERENTES MEIOS, COM E SEM ADIÇÃO DE INÓCULOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos para obtenção do grau de "Mestre".

APROVADA em 04 de março de 1994



Profª. Dra. Vânia Déa de Carvalho



Prof. Dr. Adimilson B. Chitarra



Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela
(ORIENTADOR)

À minha mãe adotiva

Maria Anunciação de Alvarenga

(in memoriam)

OFEREÇO

Ao meu esposo Márcio e

aos meus filhos Diego e

Douglas, pelo carinho e

compreensão

Aos meus pais, Jair e Geni,

aos meus irmãos e a meus

sogros Custódio e Eliana,

pelo apoio e incentivo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, minha eterna gratidão.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Em especial, ao professor Evódio Ribeiro Vilela, pela confiança, orientação e amizade durante a realização deste trabalho.

À pesquisadora Vânia Déa de Carvalho pelas sugestões, incentivo e amizade.

Aos professores Adimilson B. Chitarra, Maria Isabel F. Chitarra, Maria Eliana Pinheiro, Sin-Huei Wang, Maria de Fátima P. Barcelos, Paulo R. Clemente, Custódio Donizeti dos Santos e Luiz Antônio de Bastos Andrade pela colaboração durante a pesquisa.

Ao professor Augusto Ramalho de Moraes pela orientação nas análises estatísticas.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação, em especial aos amigos Marcelo Murad Magalhães, Sílvio J. de Rezende Chagas, Gilmar Vieira, Denise Garcia de Santana, Tadayuky Yanagi Junior, Silvanda de Melo, Sueli V. Silva, Dirce Ribeiro, Ana Helena R. Coelho, Celeste P. Abreu, Elisabeth Garcia e Mônica T. Prado pelo apoio e convívio.

Aos laboratoristas Constantina M.B. Torres, Eliane Botelho, Maria Aparecida Correa, Mércia Magalhães, Ismael Alves e Samuel Rosa de Brito.

Aos funcionários Gicelda A. de Souza, Miguel A. Carvalho e Miguel G. de Paula.

A todos os funcionários da Biblioteca Central da ESAL.

À Madre Maria Tereza (OCD), Maria Aparecida Sales, Jane Gualberto Vieira e Guaracy Vieira pela amizade e incentivo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ROSEMARY GUALBERTO FONSECA ALVARENGA PEREIRA, filha de Maria Anunciação de Alvarenga, nasceu no município de Lavras, Estado de Minas Gerais, aos 12 dias do mês de junho de 1962.

Em março de 1981 iniciou o curso de Farmácia na Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas - MG, concluindo-o em dezembro de 1983.

Em março de 1991 iniciou o curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Ciência dos Alimentos, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Aspectos tecnológicos da produção de polvilho azedo	03
2.2 Transformações características de fécula de mandioca fermentada	07
2.3 Qualidade do polvilho azedo	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Local	14
3.2 Matéria-prima	14
3.3 Processo fermentativo da fécula de mandioca a nível industrial	15
3.3.1 Lavagem e descascamento	15
3.3.2 Ralação	15
3.3.3 Extração	17
3.3.4 Decantação	17
3.3.5 Fermentação	17
3.3.6 Amostragem	17
3.4 Processo fermentativo da fécula de mandioca em tanques do DCA/ESAL	18
3.4.1 Fermentação	18
3.4.2 Amostragem	18
3.5 Processo fermentativo da fécula de mandioca em laboratório	18
3.5.1 Extração	19
3.5.2 Fermentação	19
3.5.3 Amostragem	21
3.6 Avaliação da qualidade do polvilho azedo	21
3.6.1 Composição química	21
3.6.2 Susceptibilidade enzimática	22
3.6.3 Determinação de viscosidade Brabender	22
3.6.4 Testes de panificação	22
3.7 Análise estatística	23

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Composição química	24
4.2	Amido danificado	33
4.3	Viscosidade máxima	41
4.4	Expansão densidade e rendimento dos biscoitos	49
5	CONCLUSÕES	59
6	RECOMENDAÇÕES	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	ANEXOS	67

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Valores médios relativos à composição química das féculas fermentadas em tanque industrial .	24
2	Valores médios relativos à composição química das féculas fermentadas em tanques da ESAL ...	25
3	Valores médios relativos à composição química das féculas fermentadas em laboratório	26
4	Porcentagem de amido danificado dos polvilhos obtidos em diferentes meios de fermentação da fécula de mandioca	34
5	Variação na porcentagem de amido danificado entre polvilhos com e sem inóculos obtidos da fermentação em tanques da ESAL e de laboratório	38
6	Valores de viscosidade máxima dos polvilhos obtidos em diferentes meios de fermentação da fécula de mandioca	42

Tabela

Página

7	Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial	50
8	Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca dos tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos	51
9	Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca obtidos em laboratório com 0%, 4%, 6% e 8%, de inóculos durante a fermentação	52
10	Variação nas características de expansão entre os biscoitos obtidos da fermentação em tanques da ESAL e entre os biscoitos obtidos em laboratório	58

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Etapas da produção industrial de polvilho azedo	16
2	Etapas do processo de obtenção de polvilho azedo em laboratório	20
3	Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH dos polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial	29
4	Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos	30
5	Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH do polvilho de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% de inóculos	31

Figura

Página

6	Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH do polvilho de mandioca durante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos	32
7	Variação na porcentagem de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial	35
8	Teores médios de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos	37
9	Teores médios de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0%, 4%, 6% e 8% de inóculos	40
10	Viscosidade máxima dos polvilhos obtidos durante a fermentação industrial	44
11	Variação dos valores de viscosidade máxima de polvilho de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% de inóculos	45
12	Viscosidade máxima dos polvilhos obtidos durante a fermentação em tanques da ESAL com 8% de inóculo	46

Figura		Página
13	Variação dos valores de viscosidade máxima dos polvilho de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% inóculos	47
14	Viscosidade máxima dos polvilhos obtidos durante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos	48
15	Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial	53
16	Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos	54
17	Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% de inóculos	56
18	Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos	57

RESUMO

PEREIRA, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga. Avaliação da qualidade do polvilho durante a fermentação em diferentes meios, com e sem adição de inóculos. Lavras: ESAL, 1994. 89p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)*.

No presente trabalho estudou-se a variação de alguns parâmetros de qualidade do polvilho de mandioca durante a fermentação em diferentes meios, com e sem adição de inóculos, através de testes químicos, físico-químicos e tecnológicos. O processo fermentativo industrial foi conduzido sem inoculação, segundo técnicas adotadas pelo fabricante. Para as fermentações nos tanques situados na ESAL, utilizou-se como substrato a fécula doce industrial e como inóculos polvilho azedo a 0%, 4% e 8%. A inoculação em condições de laboratório foi de 0%, 4%, 6% e 8%. As féculas foram avaliadas de 5 em 5 dias, segundo as condições para secagem dos polvilhos. Observou-se que a fermentação provoca alterações na composição química, e que a interrupção do processo, bem como os meios de fermentação analisados, exerceram influência sobre a qualidade do polvilho azedo. Verificou-se ligeiras variações nos teores de umidade e cinzas para os três experimentos. A fermentação industrial exibiu os maiores teores

* Orientador: Evódio Ribeiro Vilela; Membros da Banca: Vânia Déa de Carvalho e Adimilson Bosco Chitarra

de acidez titulável, elevação dos teores de amido danificado e dos valores de expansão dos biscoitos, até o 13º dia, com posterior declínio. As féculas fermentadas em tanques da ESAL, apresentaram oscilações nos valores de pH e acidez titulável e os polvilhos inóculados a 4% e 8% exibiram os maiores valores de expansão e amido danificado. Os menores valores de acidez titulável e expansão dos biscoitos foram constatados no experimento em laboratório, podendo-se atribuir ao excesso de purificação as alterações observadas para estas fermentações. As pastas de féculas provenientes dos três experimentos exibiram redução nos valores de viscosidade máxima durante o tempo de fermentação, comprovando mudanças nas características físico-químicas e reológicas dos grânulos de amido.

SUMMARY

EVALUATION OF THE QUALITY OF CASSAVA STARCH (POLVILHO) DURING FERMENTATION IN DIFFERENT MEDIA, WITH AND WITHOUT THE ADDITION OF INOCULO.

In this research the variation in some quality parameters of fermented cassava starch during fermentation in different medium, with and without inoculum addition, was studied chemical, physico-chemical and technological analyses. The fermentative process was conducted without inoculation according to the technics adapted by the manufacturer. For fermentations realized in tanks located in ESAL, a starch sweet as substrate was used and sour cassava starch as inoculum at 0, 4 and 8%. The inoculation in laboratory conditions was at 0, 4, 6 and 8% levels. The starch sweet was analyzed at an interval of 5 days, depending upon the climatic conditions of cassava starch drying. It was observed that fermentation caused alterations in chemical composition, and the interruption in the process along with the analyzed fermented medium, and influenced the quality of the sour cassava starch. For a little variation in relative humidity and ash levels in three experiments, the industrial fermentation showed the highest titrable acidity. The augment in the concentration and expansion of the damaged starch increased until 139 day, declining thereafter. The starch fermented in tanks in

ESAL showed oscillations in pH and titrable acidity values, and the cassava starch inoculated with 4 and 8%, exhibited the highest expansion and damaged starch values. The lowest titrable acidity and biscuit expansion were obtained by the laboratory experiments, and the excess of purification was due to alterations observed in this fermentations. The cassava starch from three experiments, exhibited a reduction in maximum viscosity during fermentation, evidencing changes in fisico-chemical and rheological characteristics of starch granules.

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta tradicionalmente cultivada no Brasil e em outras regiões de clima tropical e sub-tropical da África, Ásia e América Latina.

O cultivo dessa euforbiácea apresenta um alto rendimento das raízes por hectare, fornecendo matéria-prima para fabricação de amido, farinha, raspas, polvilho doce e azedo, e outros produtos regionais.

O polvilho azedo é amplamente utilizado no setor alimentício originando produtos de panificação, como biscoitos e pães de queijo, de grande aceitabilidade para os consumidores. Apesar de suas potencialidades industriais, os critérios utilizados para a avaliação deste produto não conferem garantia de qualidade. Embora apresente um grande volume de produção, é um produto de caráter regional, fabricado artesanalmente a nível rural por indústrias de pequeno e médio porte, principalmente nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Destacam-se em Minas Gerais, alguns municípios como Divinópolis, que segundo o cadastramento da EMATER possui 107 fábricas, com capacidade de processamento diário de 1 a 120 toneladas de raízes e Pouso Alegre com mais de 70 indústrias, onde apenas uma indústria produz 2,5 t de polvilho azedo por dia (Cereda, 1987).

O processo de fermentação natural da fécula para obtenção do polvilho azedo é realizado empiricamente e as alterações físico-químicas, bem como o ponto ótimo de fermentação, permanecem obscuros.

Alguns produtores, visando acelerar o processo fermentativo, adicionam suco de limão, fubá, milho e quantidades incertas de polvilho azedo da safra anterior, contudo, a otimização do processo ainda não foi realizada.

O presente trabalho objetiva quantificar as variações dos parâmetros de qualidade do polvilho azedo e dos biscoitos elaborados, durante o processo fermentativo em diferentes meios de fermentação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos tecnológicos da produção de polvilho azedo

A mandioca, originária das Américas (Porto e Asiedu, 1992), é amplamente utilizada para consumo humano, constituindo-se num alimento altamente energético por apresentar cerca de 85% de amido em matéria seca (Chuzel, 1991). O processamento destas raízes, visa além da eliminação da toxidez e preservação, a modificação de suas características reológicas e sensoriais (Nakamura e Park, 1975; Oyewole, 1991), obtendo-se no Brasil, produtos como raspas, farinhas, polvilho doce e azedo, entre outros (Vilela, 1987).

A fécula é definida pelo Código Nacional de Alimentação como a porção amilácea extraída de tubérculos, raízes e rizomas (BRASIL, 1978). A fécula de mandioca, produzida por pequenas e médias indústrias nas regiões Sudeste e Sul do Brasil é conhecida como polvilho, que é classificado segundo o teor de acidez em azedo e doce, caso a fécula seja ou não fermentada.

O polvilho azedo é obtido através da fermentação natural da fécula ou do amido eliminado no processo de fabricação da farinha (Cereda, 1973), sendo insubstituível para o setor alimentício na produção de biscoitos e pães de queijo (Cereda,

1983c). Por ser fabricado artesanalmente em pequenas e médias indústrias rurais, dados estatísticos referentes à real produção brasileira são limitados; em 1990 foi estimada em 14.400 a 16.000 toneladas (Cereda, 1991).

O processo básico para sua obtenção envolve a lavagem, descascamento e ralação das raízes, peneiragem da massa sob água corrente e decantação da suspensão amilácea com sucessivas lavagens para eliminação de fibras e impurezas. A fécula purificada é submetida à fermentação natural em cochos de madeira ou tanques de alvenaria, sob uma camada de 10 a 20 cm de água, localizados em galpões abertos lateralmente ou expostos às condições ambientais (Cereda, 1973).

Apesar de ser amplamente consumido a nível nacional é comum a falta de uniformidade entre produtos de diferentes marcas comerciais e até de mesma procedência (Cereda et al., 1985; Cereda e Bonassi, 1985; Cereda, 1987). Estudos sobre a influência de fatores relacionados às raízes, tais como a variedade e idade das plantas, na qualidade da fécula fermentada são escassos. A preferência de alguns produtores por variedades "bravas" parece relacionar-se mais à coloração do córtex, do que ao alto teor de glicosídeo cianogênico (acima de 50 ppm) (Cereda, 1982) que é praticamente eliminado durante o processo de extração da fécula (Cereda, 1987).

As raízes de mandioca são altamente perecíveis, assim, o processamento no intervalo de 24 horas após a colheita, além de evitar a deterioração fisiológica (Dantas e Cunha, 1981; Carvalho et al., 1988), facilita a remoção da película corticácea na operação de descascamento (Cereda, 1987).

Além dos fatores acima citados, há divergências quanto às técnicas utilizadas pelos produtores nas diferentes etapas de produção do polvilho. A decantação e lavagem do amido é realizada em tanques por períodos de um a três dias ou continuamente em canais de decantação, com posterior transferência para tanques de fermentação (Cereda, 1973). Existem indústrias entretanto, que fazem decantações sucessivas em grandes tanques, durante sete dias (Cárdenas e Buckle, 1980), podendo originar partidas heterogêneas antes mesmo da fermentação propriamente dita.

O processo fermentativo exerce considerável influência nas propriedades físico-químicas e organolépticas do amido (Cereda, 1973; Camargo et al., 1988), porém, o tempo de fermentação adequado para obtenção de produtos de qualidade definida, ainda não foi estabelecido; a maioria dos produtores utiliza critérios subjetivos como o aparecimento de bolhas no interior da massa, além do surgimento de espuma, turvação e acidez no líquido sobrenadante, com despreendimento de odor característico (Cereda, 1973).

O período de fermentação pode variar de 3 dias (Bromelius, 1940) a 20 dias (Figueiredo, 1936 e Silveira, 1956). No Estado de Minas Gerais, o processo se prolonga por 20 a 40 dias, podendo atingir 60 dias no início da safra (Cereda, 1987).

A caracterização do final da fermentação pelo aparecimento de bolhas (Figueiredo, 1936), não demonstra ser um indicativo preciso, já que este fato foi constatado em ensaios de laboratório, no segundo dia de fermentação (Cereda, 1973; Cereda e Lima, 1981).

A troca de líquido sobrenadante da massa em fermentação, visando a eliminação de impurezas apresenta algumas desvantagens, como a perda de agentes responsáveis pela fermentação e características organolépticas do produto. Em ensaios de laboratório, observou-se reduções na concentração de ácidos orgânicos (Cereda e Lima, 1985a), no teor de açúcares redutores (Cereda e Lima, 1985b) e na acidez (Martins et al., 1991).

Alguns produtores, visando acelerar o processo fermentativo, utilizam porções remanescentes de polvilho azedo aderidas às paredes dos tanques como inóculos para novas cargas de fécula doce ou promovem uma acidificação temporária pela adição de suco de limão, fubá e milho (Cereda, 1973); entretanto, estes tratamentos nem sempre conferem qualidade ao produto final. Estudos para avaliação do efeito destes inóculos são praticamente inexistentes.

A secagem do polvilho azedo é realizada em condições ambientais, por exposição ao sol e vento (Cereda, 1973 e Nakamura, Morais e Martucci et al., 1976), por períodos de 8 a 14 horas de acordo com as condições climáticas. Alguns produtores afirmam que a utilização de secagem artificial em estufa, em substituição à secagem solar, reduz as características peculiares de expansão e aroma do polvilho azedo (Cereda, 1987).

As observações acima mencionadas foram confirmadas por Oviedo (1991) em estudo do efeito da modificação ácida e do tipo de secagem nas propriedades de expansão do amido de mandioca. O autor observa que independentemente do tratamento, os amidos secos em estufa (40-45°C), produziram biscoitos de baixo volume

específico e características pobres de textura, e que as mudanças causadas pela radiação solar são irreversíveis, já que após reumidificação e secagem em estufa, os polvilhos comerciais continuaram a exibir propriedades de expansão.

2.2 Transformações características de fécula de mandioca fermentada

As diversas alterações que ocorrem na fécula durante a fermentação são atribuídas ao desenvolvimento de variada microflora proveniente da matéria-prima, água e meio ambiente, desde que o único substrato empregado, restringe-se a uma suspensão de amido granular em água (Cereda e Giaj-Levra, 1987).

O polvilho azedo, tem sido considerado um amido modificado por ação ácida e enzimática, reconhecida pela presença de canais microscópicos característicos nos grânulos de amido (Cereda, 1973; Cárdenas e Buckle, 1980 e Camargo et al., 1988).

O início do processo fermentativo é acompanhado por uma rápida queda na concentração de oxigênio dissolvido, ocasionada por bactérias amilolíticas aeróbicas, capazes de consumir oxigênio e produzir gases como dióxido de carbono e hidrogênio (Cereda et al., 1985), além de ácidos orgânicos como o lático, butírico, acético, entre outros (Cereda e Lima, 1985a, Cereda e Bonassi, 1985, Cereda et al., 1985 e Camargo et al., 1988).

A baixa disponibilidade de oxigênio e os produtos oriundos da hidrólise do amido, induzem o processo a vias fermentativas acidogênicas, com aumento na produção destes ácidos

(Figueroa, 1991) e oscilações nas concentrações de açúcares (Cereda e Lima, 1985b).

A atuação de α -amilase, provocou o aumento do teor de açúcares redutores na fase inicial de fermentações realizadas em laboratório, com um decréscimo no final do período fermentativo, atribuído aos microorganismos consumidores destes carboidratos e às condições desfavoráveis para atuação das enzimas (Cereda e Lima, 1985b). Em féculas fermentadas por 40 dias, não foram detectados açúcares redutores no líquido sobrenadante (Cereda et al., 1985).

A fermentação se realiza em ambientes abertos, assim, a flora microbiana depende das interações ecológicas do meio e de fatores ambientais (Zapata, Martinez e Parada, 1991). No entanto, as análises do líquido sobrenadante de diversas fermentações, demonstram invariavelmente, reduções nos valores de pH e aumento nos teores de acidez titulável (Cereda et al., 1985; Cereda e Giaj-Levra, 1987).

A acidificação natural da fécula foi constatada em ensaios de laboratório dentro de 24 horas, quando o pH inicial de 6,0, estabilizou-se no segundo ou terceiro dia ao redor de 3,0 (Cereda e Lima, 1981); os autores observaram que embora o pH permanecesse estacionário, os valores de acidez oscilaram até o final do processo. Perfis semelhantes foram obtidos na Colômbia, com acidificação inicial de 2 a 3 dias e declínio do valor de pH de 6,5 para 3,5 (Cárdenas e Buckle, 1980 e Zapata, Martinez e Parada, 1991).

Durante a secagem do polvilho azedo, ocorre a volatilização de ácidos e compostos aromáticos, com consequentes oscilações nos valores de pH e acidez titulável. Análises destes parâmetros realizadas por Cereda, Lima e Brasil (1981) em amostras de 25 marcas do produto comercial, resultaram em valores de 3,00 a 4,50 para pH e de 3,00 a 8,94 para acidez titulável (ml de NaOH N/100 g). Os teores de acidez de 12 diferentes amostras comerciais acusaram valores de 0,64 a 9,00, expressos como anteriormente citado (Cereda, 1985b), evidenciando a desuniformidade dos produtos. Ascheri (1992), obteve durante o acompanhamento da fermentação industrial, valores de 0,10 a 4,30 (ml de NaOH N/100 g).

O processo de fermentação provoca a danificação da fécula, principalmente pelo ataque de α -amilases provenientes de *Bacillus* como o *B. subtilis* (Cereda, 1975). Estudos sobre o teor de amido danificado na fécula fermentada são escassos. Moorthy e Ramanujam (1986), encontraram valores de 0,07% a 1,37% em amidos de mandioca de diferentes variedades e épocas de colheita. Asquieri (1990) estudando polvilho azedo industrial, fécula fermentada em laboratório e polvilho doce, obteve valores de 2,90%, 2,75% e 1,56%, respectivamente. Teores de 0,23% a 2,58% foram obtidos por Ascheri (1992) em três diferentes meios, observando que a fermentação industrial proporcionou um aumento inicial mais elevado deste parâmetro, em relação aos experimentos em laboratório e tanque experimental; o incremento foi atribuído à carga microbiana inicialmente presente no tanque industrial.

Amidos nativos apresentam-se insolúveis em água em temperaturas inferiores à de gelatinização. A gelatinização é

caracterizada pela fusão das áreas cristalinas do grânulo além da perda de birrefringência, com hidratação e expansão irreversíveis (Greenwood, 1964 e French, 1984). A fermentação provoca uma ligeira redução na temperatura de gelatinização do polvilho, relatada por Cárdenas e Buckle (1980), que obtiveram valores de 61°C para polvilho doce e $60,5^{\circ}\text{C}$ para polvilho azedo.

As modificações físicas e químicas do amido de mandioca, ocasionadas pela fermentação, refletem-se no comportamento das pastas durante o aquecimento (Nakamura e Park, 1975), que tem sido investigado principalmente através do viscoamilógrafo Brabender (Greenwood, 1964). As características viscográficas são dependentes da extensão do inchamento e da resistência à dissolução pelo calor ou à fragmentação pela agitação mecânica (Schoch e Maywald, 1968).

Mudanças significativas são causadas pela fermentação na reologia das pastas de amido de mandioca, como redução nos valores de viscosidade máxima e temperatura de início de empastamento, sem tendência à retrogradação após resfriamento (Nakamura e Park 1975; Nakamura, Morais e Martucci, 1976; Cárdenas e Buckle, 1980; Cereda, 1985 e Camargo et al., 1988). Cereda (1985a) analisando 12 amostras de polvilho azedo de diferentes procedências, obteve variações na temperatura de empastamento entre $57,5^{\circ}\text{C}$ e 62°C .

A desuniformidade relativa à concentração e limites de temperatura utilizados nestas análises, dificultam a comparação dos estudos realizados. Para a fécula não fermentada, tem-se utilizado a concentração de 6% (Pacheco, 1950; Nakamura, Morais e

Martucci, 1976), no entanto, a concentração recomendada para polvilho azedo é de 8%, obtendo-se picos bem definidos, sem contudo ultrapassar as 1000 unidades amilográficas (Cereda, 1983b).

As desigualdades entre polvilhos comerciais refletem-se principalmente nos valores de viscosidade máxima. Duas amostras destes produtos exibiram uma diferença de 260 unidades amilográficas, atribuída à maior fragilidade dos grânulos do polvilho azedo de menor viscosidade (Cereda, 1983b). A mesma autora obteve para doze amostras de féculas fermentadas comerciais valores entre 460 e 1065 unidades amilográficas (Cereda, 1985a).

2.3 Qualidade do polvilho azedo

Os parâmetros de qualidade do polvilho azedo ainda não são bem definidos, embora a legislação brasileira (Brasil, 1978) aponte alguns limites máximos para teores de umidade (14%), cinzas (0,5%), e porcentagem mínima de amido (80%), frequentemente são encontrados desvios em relação a estes valores.

No Brasil, o polvilho azedo é utilizado principalmente na confecção de biscoitos de baixa densidade, crocantes e com estrutura interna alveolar (Cereda, 1983c), enquanto na Colômbia, é empregado na fabricação de produtos volumosos denominados "pan de yuca" (Cárdenas e Buckle, 1980).

Para o usuário, o poder de expansão da massa durante o forneamento é o parâmetro que melhor expressa a qualidade deste produto (Cereda, 1983c).

Visando testar a qualidade do polvilho, minimizando o efeito de ingredientes como ovos, queijo, leite, entre outros, sugeriu-se uma formulação similar à utilizada pelos estabelecimentos comerciais, na fabricação de biscoitos. Assim, a massa obtida com polvilho azedo (100g), gordura vegetal hidrogenada (25g), sal (4g) e água (80ml, segundo a capacidade de absorção da fécula), deve apresentar-se lisa, homogênea e com plasticidade adequada para a moldagem dos biscoitos (Cereda, 1983c). A mesma autora utilizando a formulação acima descrita, para avaliação do rendimento de duas amostras de polvilhos comerciais, obteve 22,13 e 25,44 biscoitos para 100 g de massa (Cereda, 1983b).

O mercado ressentia-se da falta de padronização e qualidade da matéria-prima. Biscoitos produzidos a partir de duas marcas comerciais apresentaram valores de peso e densidade bastante discrepantes (Cereda, 1983a). Através da comparação de polvilho azedo obtido com fécula pura e impura em laboratório com polvilho azedo industrial, observou-se que os biscoitos confeccionados com fécula da indústria, apresentaram valores de expansão de 2,22 e densidade de $0,10 \text{ g/cm}^3$, enquanto para os biscoitos preparados com fécula pura e impura fermentada, a expansão foi de 1,00 e 1,54 e a densidade média de $0,6655 \text{ g/cm}^3$ e $0,26 \text{ g/cm}^3$ respectivamente (Asquieri, 1990).

Recentemente, a fermentação natural da fécula de mandioca em três diferentes meios, indústria, tanques experimentais e em béckers de laboratório provocou um aumento na expansão dos biscoitos durante os 30 dias iniciais de fermentação, com posterior declínio até o final do processo (Ascheri, 1992).

Investigações sobre a substituição da fermentação pela adição de ácidos orgânicos e inorgânicos, enzimas, fermentos químicos e biológicos à fécula de mandioca são recentes e escassas.

Nakamura, Morais e Martucci, (1976) observaram que a fermentação do polvilho doce inoculado com 5% de polvilho azedo industrial por 30 dias, proporcionou biscoitos com expansão e sabor superiores aos obtidos pela adição alternada de α -amilase, ácido acético, fermento químico e biológico, às féculas doces.

Amidos hidrolisados com ácido clorídrico, ácido acético e α -amilase não produziram biscoitos com características de expansão e textura comparáveis às do amido fermentado (Camargo et al., 1988).

Cárdenas e Buckle (1980), em pesquisas com "pan de yuca", constataram que as féculas fermentadas industriais, originaram produtos de melhor textura e volume quando comparadas às féculas doces tratadas com ácidos orgânicos.

Oviedo (1992), em estudo do efeito da modificação ácida nas propriedades de expansão do amido de mandioca, observou que as féculas modificadas por ácido láctico, originaram biscoitos com características de volume específico, crocância e estrutura alveolar interna comparáveis, embora inferiores, aos obtidos a partir de polvilho azedo industrial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Foram conduzidos três experimentos. O primeiro foi desenvolvido em tanques localizados na fábrica de polvilho "Estrela", no município de Macaia, MG. O segundo foi realizado em tanques do Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras (DCA/ESAL), MG e o terceiro em Laboratório do DCA/ESAL.

O experimentos na indústria e nos tanques do DCA/ESAL realizaram-se nos meses de setembro e outubro de 1992. O experimento em laboratório foi conduzido nos meses de março e abril de 1993.

3.2 Matéria-prima

As raízes de mandioca utilizadas nos três experimentos foram provenientes do município de Lavras, MG, sem caracterização quanto à idade e variedade.

As inoculações foram realizadas nos experimentos em laboratório e nos tanques do DCA/ESAL.

Os inóculos foram obtidos no tanque industrial, no 28º dia de fermentação.

3.3 Processo fermentativo da fécula de mandioca a nível industrial

O processamento das raízes para obtenção do polvilho azedo foi realizado em diferentes etapas (Figura 1), segundo os procedimentos e equipamentos mecanizados adotados pelo fabricante, descritos abaixo:

3.3.1 Lavagem e descascamento

Foram realizados através de lavador-descascador do tipo cilindro rotativo, para remoção da película corticácea e eliminação de impurezas aderidas às raízes.

3.3.2 Ralação

Utilizou-se cilindro rotativo com lâminas dentadas na superfície, submetido à passagem constante de jatos de água, que facilitam o arraste da massa ralada e o escoamento da suspensão de amido.

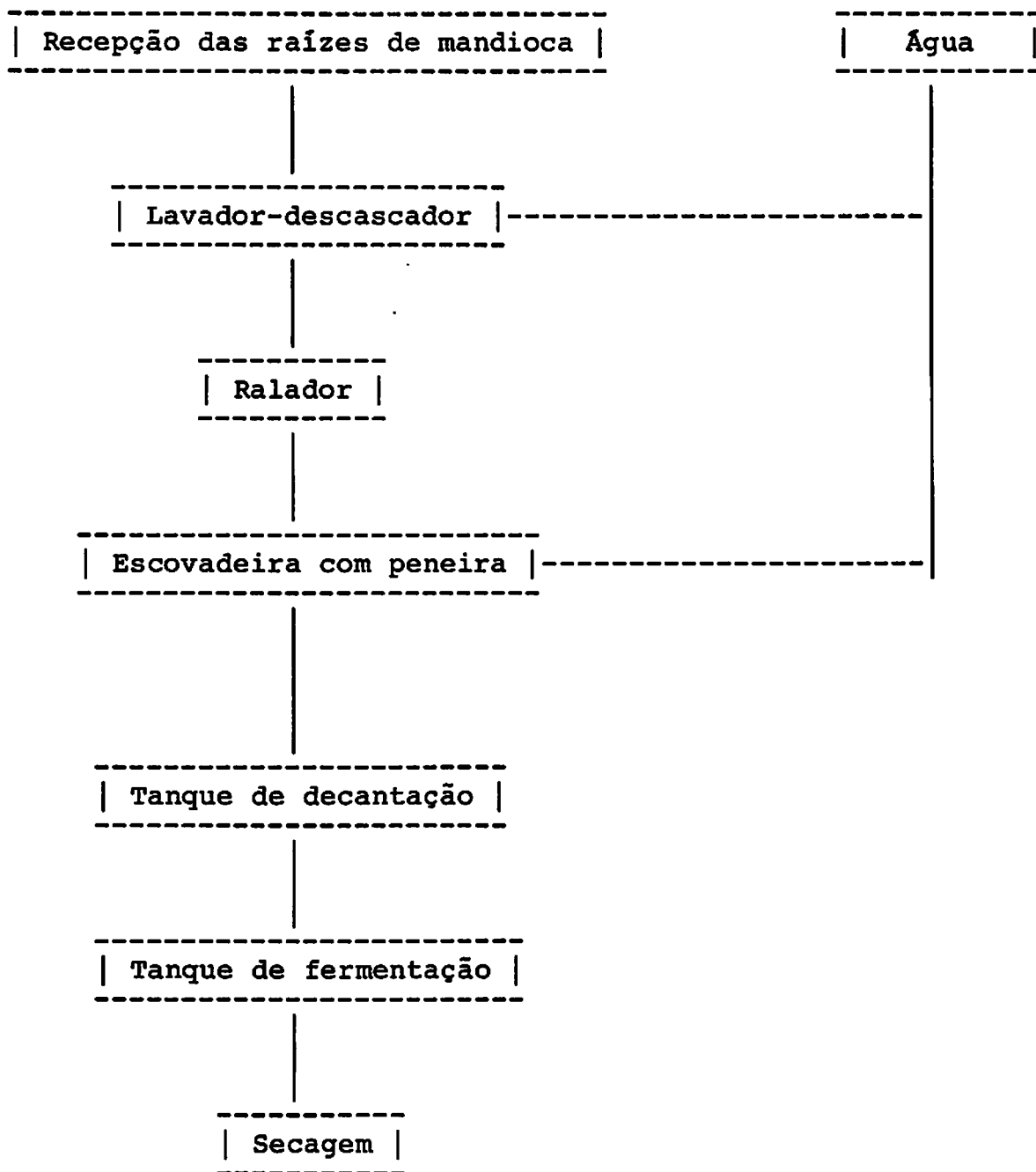


FIGURA 1. Etapas da produção industrial de polvilho azedo.

3.3.3 Extração

Consistiu na passagem da massa ralada por escovadeira cilíndrica giratória, onde a compressão contra uma peneira de aço (200 mesh) permitiu a passagem do leite de fécula e retenção do material fibroso.

3.3.4 Decantação

A suspensão amilácea obtida foi conduzida através de canaleta a um tanque revestido de azulejos, e submetida à lavagens constantes da superfície da massa sedimentada.

3.3.5 Fermentação

O material sedimentado foi transferido para tanque de alvenaria e coberto com uma camada de 10 cm de água, permanecendo por 28 dias exposto às condições ambientais.

3.3.6 Amostragem

As coletas foram efetuadas a intervalos irregulares (2 a 6 dias) devido a instabilidade climática. O material coletado, pesando aproximadamente 4 kg e com cerca de 50% de umidade, após transporte para o DCA/ESAL, foi submetido à secagem por exposição ao sol e vento, em jiraus recobertos por tecidos.

3.4 Processo fermentativo da fécula de mandioca em tanques do DCA/ESAL

Para este estudo foram transportados 80 kg de fécula doce do tanque de decantação e cerca de 3,5 kg de polvilho azedo do tanque fermentativo com 28 dias de fermentação (50% umidade) da fábrica de polvilho "Estrela" para o DCA/ESAL.

3.4.1 Fermentação

Foram distribuídos em cada um dos três tanques do DCA/ESAL, 26 kg de fécula doce. No primeiro tanque não foi adicionado inóculo ao segundo e terceiro tanques, adicionou-se 1,04 kg e 2,08 kg da fécula fermentada, que corresponderam a 4% e 8% de inóculo, respectivamente.

3.4.2 Amostragem

Foram retirados 2 litros de fécula a intervalos de 5 a 6 dias, até o 41º dia, procedendo-se à secagem em jiraus ao sol e vento.

3.5 Processo fermentativo da fécula de mandioca em laboratório

A extração e fermentação da fécula foi realizada no Laboratório de Grãos e Cereais (DCA/ESAL), segundo metodologia descrita por Ascheri (1992) com modificações (Figura 2).

3.5.1 Extração

As raízes de mandioca foram manualmente lavadas, escovadas, descascadas e transformadas em raspas através de picador elétrico CEMAG, modelo PAM-81. As raspas foram trituradas em liquidificador com água em quantidade três vezes superior ao seu volume e o material obtido foi prensado manualmente em tecido de algodão.

O leite de amido extraído, foi homogeneizado e posteriormente filtrado em peneira de 325 mesh. O líquido contendo a fécula foi submetido à decantação e purificação através da remoção do sobrenadante e sucessivas lavagens.

3.5.2 Fermentação

Foram transferidos para 36 béckers, 2 kg de fécula decantada. As proporções de inóculo utilizadas foram as seguintes:

- 0% : somente fécula doce;
- 4% : 80 g de fécula fermentada;
- 6% : 120 g de fécula fermentada;
- 8% : 160 g de fécula fermentada.

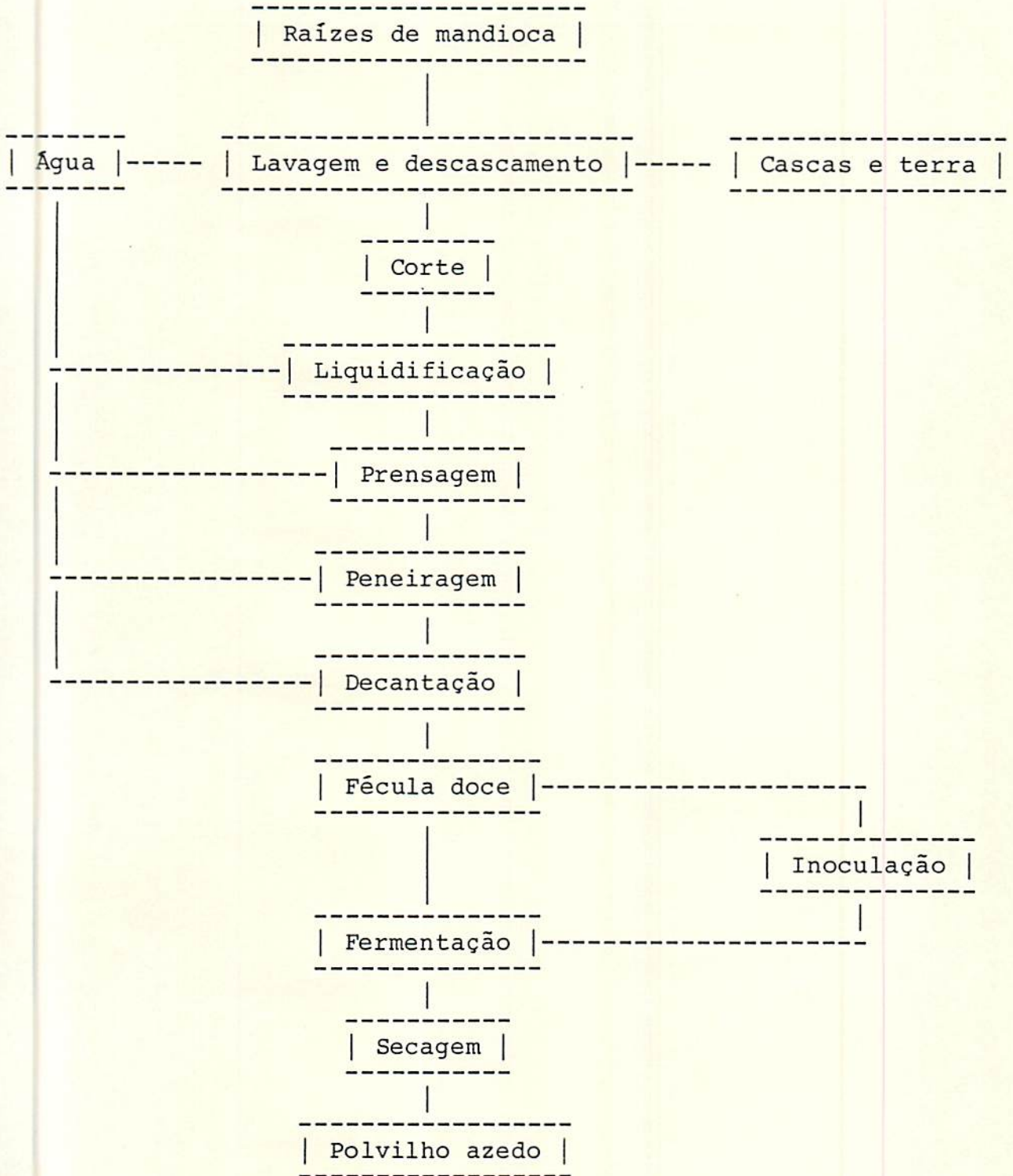


FIGURA 2. Etapas do processo de obtenção do polvilho azedo em laboratório.

Após a adição dos inóculos previamente suspensos em água destilada, a superfície da massa contendo fécula foi recoberta com água destilada. Os recipientes foram cobertos com gaze e dispostos aleatoriamente no interior dos tanques do DCA/ESAL para fermentação.

3.5.3 Amostragem

As amostras dos 4 ensaios, foram coletadas a intervalos de 5 dias, a partir do 1º dia até o 40º dia, correspondendo cada bēcker a uma amostra. A secagem foi realizada como nos procedimentos anteriormente citados (itens 3.3.5 e 3.5.1).

3.6 Avaliação da qualidade do polvilho azedo

3.6.1 Composição química

- Umidade

Foi determinada em estufa a 105°C até obtenção de peso constante (AACC, 1962).

- Cinzas

Determinadas segundo o método da AACC (1962).

- pH e acidez titulável

Foram determinados de acordo com técnicas da AOAC, (1984).

Os valores relativos aos teores de umidade foram obtidos pela média de três repetições; para cinzas, pH e acidez titulável foram utilizadas duas repetições.

3.6.2 Susceptibilidade enzimática

- Amido danificado

Determinado segundo Sandstedt e Mattern (1960) utilizando-se α -amilase de *Bacillus licheniformis*.

3.6.3 Determinação de viscosidade Brabender

As análises de variação da viscosidade das pastas foram realizadas em viscoamilógrafo Brabender, segundo técnica descrita por Mazurs et al. e modificada por Cereda (1983b) com tempos de permanência de 15 minutos à temperatura de 95°C.

3.6.4 Testes de panificação

Utilizou-se a formulação básica e metodologias sugeridas por Cereda (1983c):

- 100 g de polvilho;
- 25 g de gordura vegetal hidrogenada;
- 4 g de sal;
- 80 ml de água (variável, segundo a capacidade de absorção de água de fécula).

Os biscoitos com 8,0 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro, foram confeccionados através de bico padrão de confeitaria e submetidos ao forneamento em formas de alumínio em forno elétrico a 200°C-220°C por 15 a 22 minutos.

- Expansão e densidade dos biscoitos: foram determinadas segundo Asquieri (1990).

$$\text{Expansão} = \frac{\text{Diâmetro final médio}}{\text{Diâmetro da matriz}}$$

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa ou peso médio}}{\text{Volume}}$$

O comprimento e diâmetro dos biscoitos foram obtidos pelas medidas dos eixos longitudinal e transversal, respectivamente, através de paquímetro. Cada repetição constou de 15 biscoitos e utilizou-se 2 repetições.

- Rendimento: foi determinado segundo Cereda (1983b) e expresso em número de biscoitos por 100 g de massa.

3.7 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso (DIC).

Foram feitas análises de variância e regressão segundo os métodos usuais descritos por Pimentel Gomes (1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância encontram-se no Apêndice.

4.1. Composição química

O processo fermentativo é acompanhado por alterações na composição química do polvilho de mandioca, cujos valores estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

TABELA 1. Valores médios relativos à composição química da fécula fermentadas em tanque industrial.

Duração (dias)	Umidade (%)	Cinzas (%)	pH	Acidez titulável (ml/NNaOH/100 g)
1	12,97	0,12	4,80 b	2,36 de
4	12,41	0,10	4,60 c	2,14 e
11	14,40	0,17	4,55 c	2,56 d
13	9,23	0,35	4,80 b	2,66 d
20	9,57	0,10	5,15 a	3,11 c
25	9,26	0,29	4,90 b	4,57 a
28	13,70	0,23	5,20 a	3,59 b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 2. Valores médios relativos à composição química das fêculas fermentadas em tanques da ESAL.

Inóculo (%)	Duração (dias)	Umidade (%)	Cinzas (%)	pH	Ac. tituláv. ml NNAOH/ 100 g
0	1	13,33	0,27	6,45 a	1,35 d
	6	11,72	0,36	4,60 e	1,91 a
	12	12,71	0,68	5,90 c	1,66 c
	18	13,32	0,43	6,15 b	1,46 d
	26	12,07	0,48	5,90 c	1,59 c
	30	12,97	0,29	5,75 d	1,91 a
	36	10,47	0,65	6,20 b	1,79 b
	41	10,10	0,71	6,50 a	1,86 ab
	4	1	12,97	0,26	6,20 b
6		12,26	0,27	4,68 f	2,01 a
12		12,82	0,39	5,70 d	1,56 b
18		12,19	0,33	6,15 c	1,39 c
26		12,42	0,33	5,70 d	1,39 c
30		13,30	0,39	5,60 e	1,56 b
36		9,57	0,42	6,15 c	1,56 b
41		11,47	0,65	6,60 a	1,34 c
8		1	13,25	0,26	6,05 c
	6	13,73	0,29	4,60 e	1,99 a
	12	13,65	0,30	5,75 d	1,56 cd
	18	11,96	0,34	6,20 b	1,44 d
	26	11,94	0,31	6,20 b	1,56 cd
	30	13,57	0,31	5,80 d	1,64 bc
	36	9,81	0,36	6,15 bc	1,76 b
	41	11,25	0,21	6,70 a	1,81 ab

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 3. Valores médios relativos à composição química das féculas fermentadas em laboratório.

Inóculo	Duração	Umidade	Cinzas	pH	Ac. tituláv. ml NNAOH/ 100 g
(%)	(dias)	(%)	(%)		
0	0	12,53	0,21	4,35 a	1,03 d
	5	11,83	0,21	4,10 bc	1,40 a
	10	12,40	0,16	4,05 c	1,36 ab
	15	10,60	0,11	4,05 c	1,21 bc
	20	14,27	0,13	4,15 bc	1,24 abc
	25	13,47	0,33	4,35 a	1,24 abc
	30	14,33	0,23	4,25 ab	1,14 cd
	35	10,53	0,28	4,05 c	1,31 ab
	40	13,73	0,24	4,05 c	1,24 abc
	4	0	12,10	0,18	4,40 a
5		11,03	0,16	4,00 c	1,56 a
10		12,40	0,11	4,00 c	1,39 ab
15		12,60	0,11	4,00 c	1,46 ab
20		14,40	0,10	4,25 ab	1,44 ab
25		13,10	0,21	4,08 bc	1,31 bc
30		14,00	0,25	4,15 bc	1,36 abc
35		10,80	0,29	4,00 c	1,44 ab
40		13,26	0,13	4,20 abc	1,41 ab
6		0	12,77	0,13	4,35 cd
	5	10,60	0,14	4,20 d	1,24 a
	10	12,47	0,11	4,60 b	1,06 bc
	15	13,33	0,13	4,55 bc	1,01 bc
	20	14,33	0,11	4,90 a	0,93 c
	25	11,27	0,18	4,95 a	1,01 bc
	30	14,80	0,21	4,50 bc	1,11 ab
	35	10,10	0,20	4,20 d	1,14 ab
	40	14,13	0,10	4,35 cd	1,14 ab
	8	0	13,27	0,13	4,50 b
5		10,70	0,24	4,30 cd	1,29
10		12,27	0,14	4,20 d	1,31
15		13,60	0,15	4,45 bc	1,26
20		14,27	0,35	4,20 d	1,21
25		12,20	0,16	4,95 a	1,21
30		12,73	0,20	4,25 d	1,31
35		10,06	0,34	4,30 cd	1,31
40		14,26	0,13	4,50 b	1,19

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Verifica-se através das Tabelas, que o limite máximo de umidade (14%) proposto pela legislação brasileira para polvilho azedo, foi ultrapassado aos 11 dias na fermentação industrial, aos 20 e 30 dias nas fermentações em laboratório com 0% e 4% de inóculos, respectivamente, aos 20, 30 e 40 dias na fermentação com 6% de inóculo e aos 20 e 40 dias para o mesmo experimento com 8% de inóculo. Os acréscimos observados foram devidos às condições climáticas adversas, que impediram a exposição solar dos produtos, pelo período mínimo de 8 horas; contudo, são considerados suficientemente baixos para influenciar na conservação dos mesmos (Cereda, 1983a) e tem sido frequentemente constatados em análises de polvilhos comerciais (Cereda e Lima, 1981 e Cereda, 1985b).

Os teores de cinzas apresentaram-se abaixo do limite estabelecido de 0,5% (Brasil, 1978) em todos os experimentos, excetuando-se as féculas obtidas nos tanques da ESAL, aos 12, 36 e 41 dias sem inóculo e aos 36 e 41 dias com 4% de inóculo. Os experimentos realizados em laboratório e na indústria apresentaram os menores teores de cinzas.

Durante a fermentação e secagem, a fécula é contaminada por folhas, insetos e detritos; para Camargo et al. (1988) a maior contaminação ocorre durante a secagem, já que em suas análises não constataram diferenças acentuadas entre polvilhos fermentados e não fermentados, com relação a este parâmetro. As oscilações verificadas através do tempo de fermentação confirmam esta hipótese e sugerem que os valores relativamente elevados do teor de cinzas nos tanques da ESAL podem ser atribuídos à

utilização de quantidades reduzidas de fécula em relação à capacidade dos mesmos, o que dificultou a coleta de amostras e possivelmente potencializou o efeito dos contaminantes através do tempo de fermentação.

A fermentação a nível industrial, caracterizou-se por um aumento lento da acidez titulável do 4º ao 25º dia, com declínio no 28º dia, acompanhados por oscilações não esperadas, nos valores de pH (Tabela 1 e Figura 3).

Observa-se pelas Tabelas 2 e 3, que os experimentos em tanques da ESAL (Figura 4) e em laboratório (Figuras 5 e 6) apresentaram um aumento de acidez do 1º até o 6º e 5º dia, respectivamente, com posteriores oscilações até o final das fermentações, tanto para acidez titulável como para pH.

Os menores valores de acidez titulável encontrados para as fermentações em tanques da ESAL e à nível de laboratório parecem indicar que a utilização de quantidades reduzidas de fécula, afeta o comportamento ácido dos polvilhos.

As variações de acidez titulável e pH, para os três experimentos, confirmam a complexidade do processo fermentativo e tem sido atribuídas à atuação e diversidade da flora microbiana, pois dificilmente ocorre um tipo isolado de fermentação e sim um conjunto delas com predominância daquelas cujos microorganismos melhor se adaptem às condições existentes (Cereda e Lima, 1985a). Além disso, estas análises foram realizadas nos povilhos secos, assim, a volatilização de ácidos durante o processo de secagem das féculas pode ser considerada um fator de interferência adicional aos citados anteriormente.

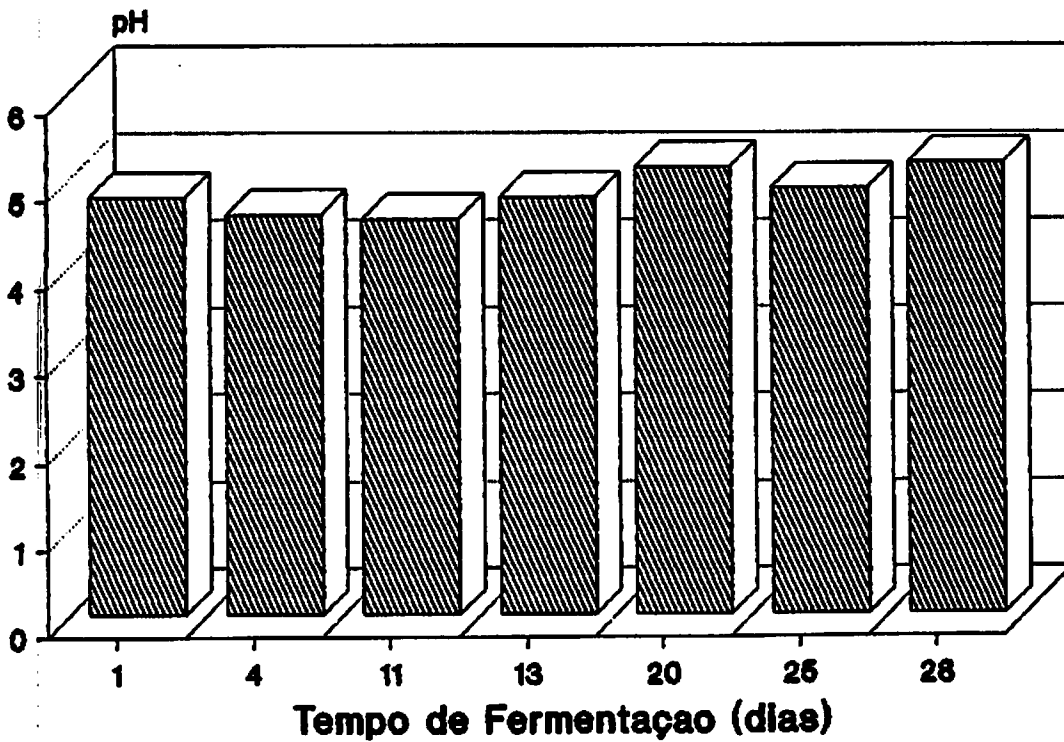
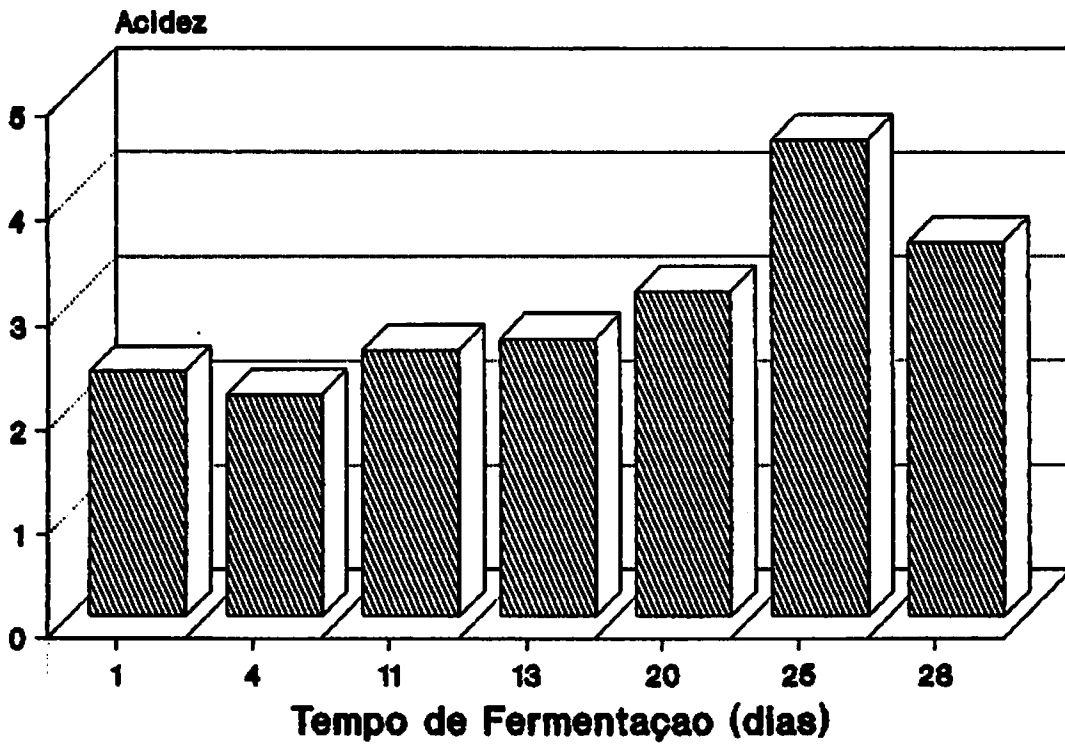


FIGURA 3. Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH do polvilho de mandioca durante a fermentação industrial.

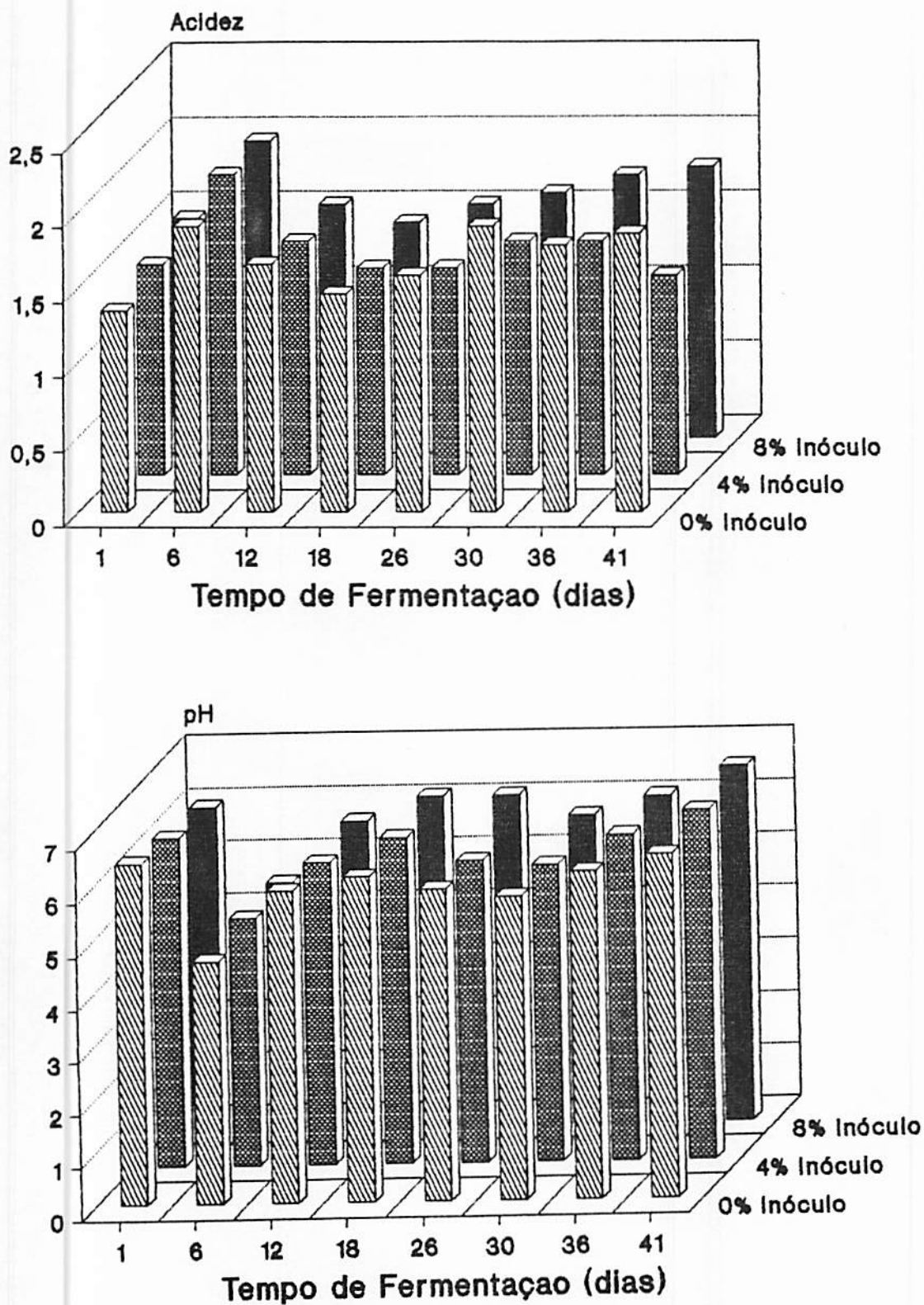


FIGURA 4. Valores médios relativos dos teores de acidez titulável e pH dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos.

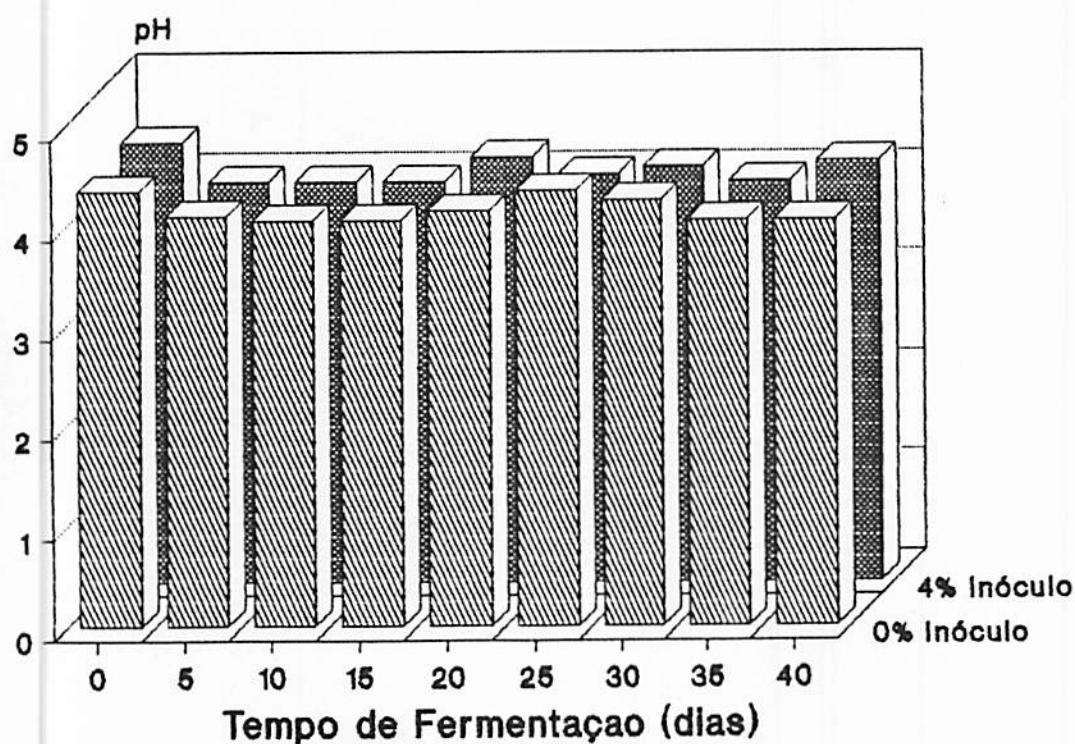
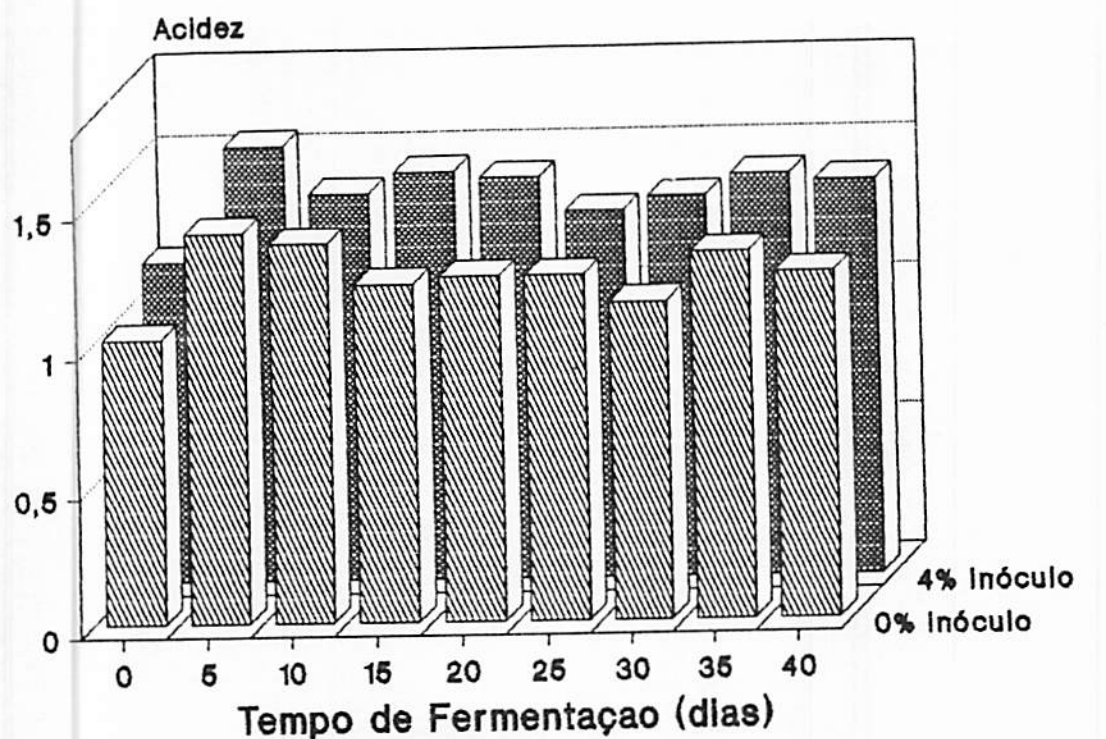


FIGURA 5. Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH de polvilho de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% de inóculo.

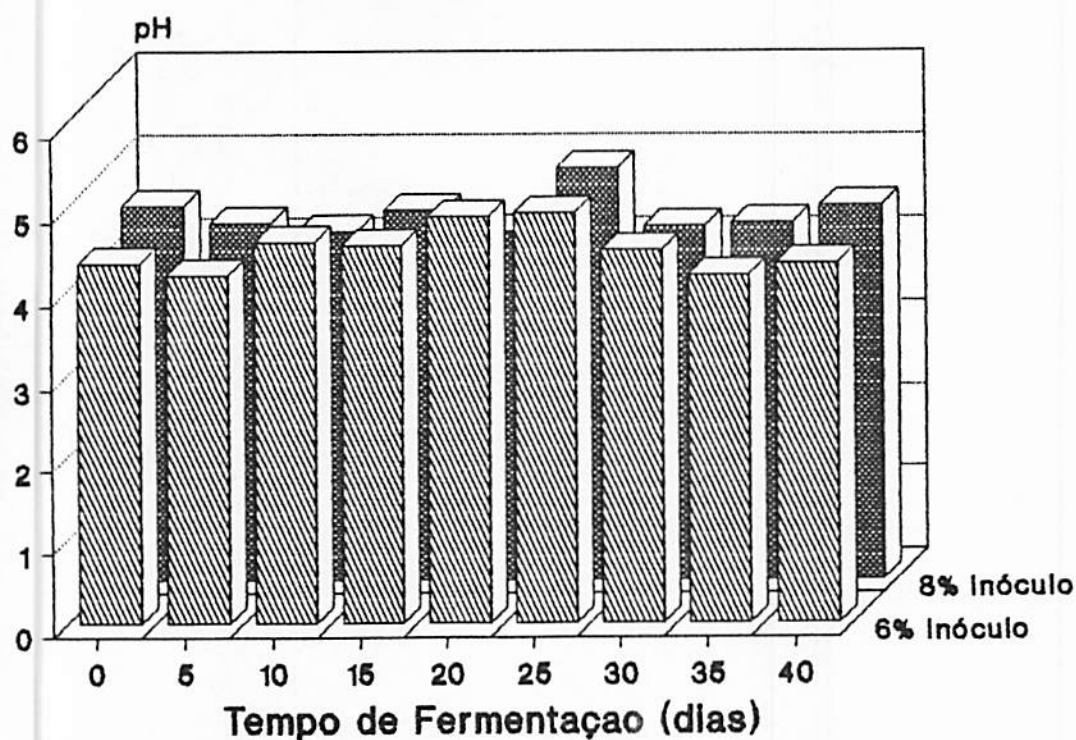
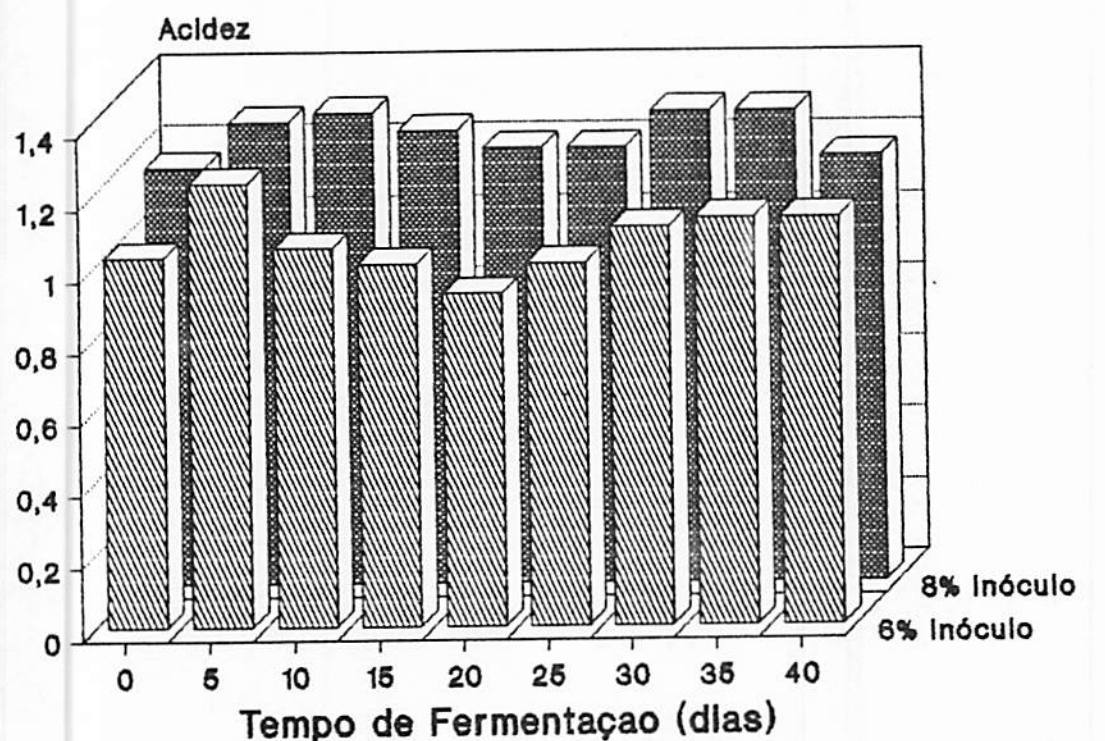


FIGURA 6. Valores médios relativos aos teores de acidez titulável e pH do polvilho de mandioca durante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos.

Estes fatos indicam que estes parâmetros isoladamente, não são suficientes para avaliação da qualidade da fécula fermentada.

4.2 Amido danificado

As variações na porcentagem de amido danificado durante o processo fermentativo industrial ajustaram-se no modelo quadrático e estão apresentadas na Tabela 4 e Figura 7.

Observando-se a curva de regressão, constata-se uma lenta elevação deste parâmetro até o 13º dia, com posterior declínio até o 28º dia. Considerando-se que os microorganismos responsáveis pela fermentação utilizam como fonte de carbono o amido granular (Cereda e Giaj-Levra, 1987) e tratando-se de uma fermentação natural, provavelmente, ocorre durante o processo, o consumo dos açúcares resultantes da degradação amilolítica, ocasionando a redução observada a partir do 13º dia.

Os teores médios de amido danificado dos polvilhos obtidos nos tanques da ESAL durante o período fermentativo, estão representados em histogramas, pois os coeficientes de determinação para as equações até 3º grau foram baixos.

Constata-se através da Tabela 4 e Figura 8 que as fermentações com 4% e 8% de inóculos exibiram um comportamento semelhante ao observado no experimento industrial, sendo o maior valor obtido aos 26 dias.

TABELA 4. Porcentagem de amido danificado (%) dos polvilhos obtidos em diferentes meios de fermentação da fécula de mandioca.

Meio de fermentação	Tempo de fermentação	Amido danificado			
Tanque industrial	1	0,2500 d			
	4	0,5625 c			
	11	0,8125 b			
	13	1,1250 a			
	20	0,6250 c			
	25	-			
	28	-			
Tanques da ESAL	Tempo de Ferm. (dias)	Inóculos			
		0%	4%	8%	
	1	0,1000 d	0,5200 cd	0,1200 b	
	6	0,1500 d	0,6250 bc	0,2500 b	
	12	0,6250 cd	0,8750 bc	0,5625 ab	
	18	0,1000 d	1,0000 b	0,8125 ab	
	26	0,7750 bc	1,8750 a	1,1250 a	
	30	1,5375 a	1,8372 a	0,6250 ab	
	36	1,2750 ab	0,5625 bcd	-	
	41	0,5900 cd	0,15 d	-	
Bécker de laboratório	Tempo de Ferm. (dias)	Inóculos			
		0%	4%	6%	8%
	0	0,4375 abc	0,3750	0,5000 a	0,1250 bc
	5	0,5000 abc	0,4375	0,3125 b	0,6875 abc
	10	0,3750 abc	0,4375	0,1250 de	0,5000 abc
	15	0,8125 a	0,6875	0,0625 ef	0,6875 abc
	20	0,7500 a	1,1250	0,2500 bc	0,8125 ab
	25	0,6250 ab	1,1250	0,1875 cd	0,7500 ab
	30	0,3750 abc	0,4625	0,1250 de	1,1875 a
	35	0,0625 bc	0,1875	-	0,5625 abc
	40	-	0,1875	-	-

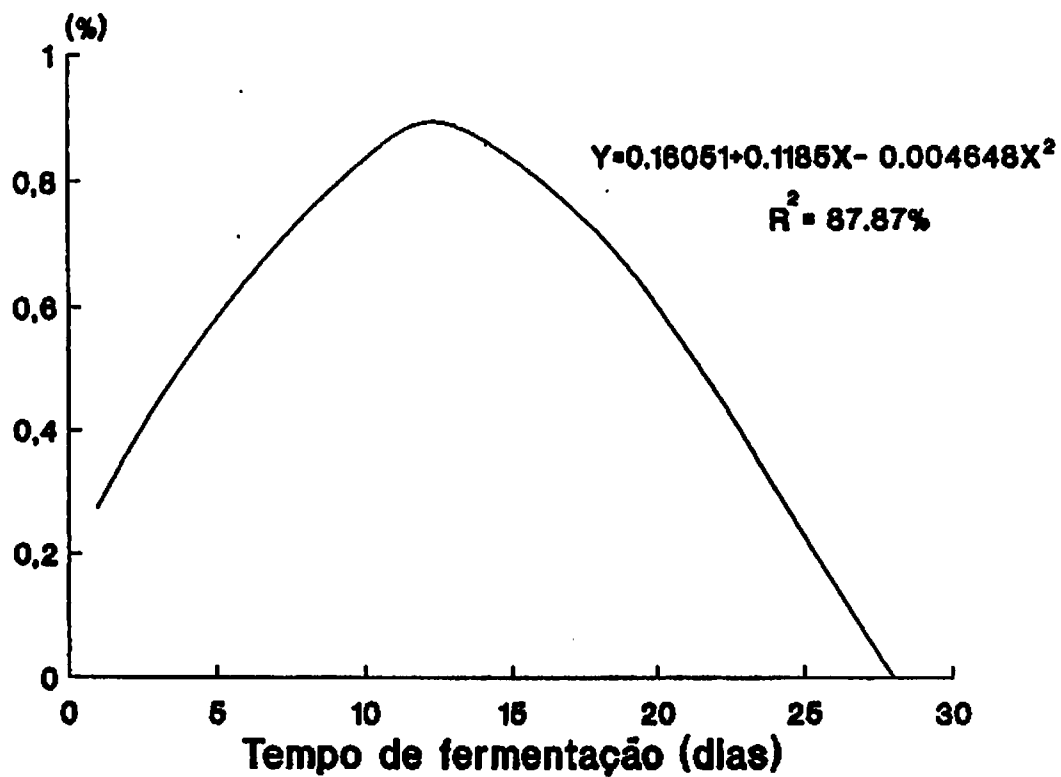


FIGURA 7. Variação na porcentagem de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial.

A fermentação conduzida sem utilização de inóculo, apresentou tendência à elevação, seguida de declínio, sendo detectado aos 30 dias o maior teor de amido danificado. Através da Figura 8 observa-se que aos 18 dias, ocorreu um decréscimo não esperado, se comparado aos teores das féculas com 4% e 8% de inóculos, que apresentaram-se ascendentes até o 26º dia; considerando-se a realização de amostragem aleatória nos tanques, provavelmente, a porção utilizada para as análises poderia conter grânulos de amido mais intactos. Esta redução observada aos 18 dias, coincide com baixo índice de acidez titulável, sugerindo diminuição na produção de ácidos. Estudos realizados por Figueroa (1991) evidenciaram um maior desenvolvimento de microflora aeróbica nos locais próximos às paredes do tanque de fermentação em relação às féculas obtidas da parte central, o que demonstra a heterogeneidade do processo.

A fim de comparar a influência dos inóculos no teor de amido danificado neste experimento, realizou-se teste de médias para os resultados no intervalo de 12 a 36 dias, quando foram observados os maiores valores deste parâmetro (Tabela 5). Verificou-se que aos 18 e 26 dias não houve diferença significativa entre os inóculos e que as féculas fermentadas com 4% de inóculo apresentaram no geral, teores de amido danificado superiores as demais, indicando que a proporção 4% de inóculo exerceu maior efeito sobre o substrato, nas condições experimentais em foram avaliados.

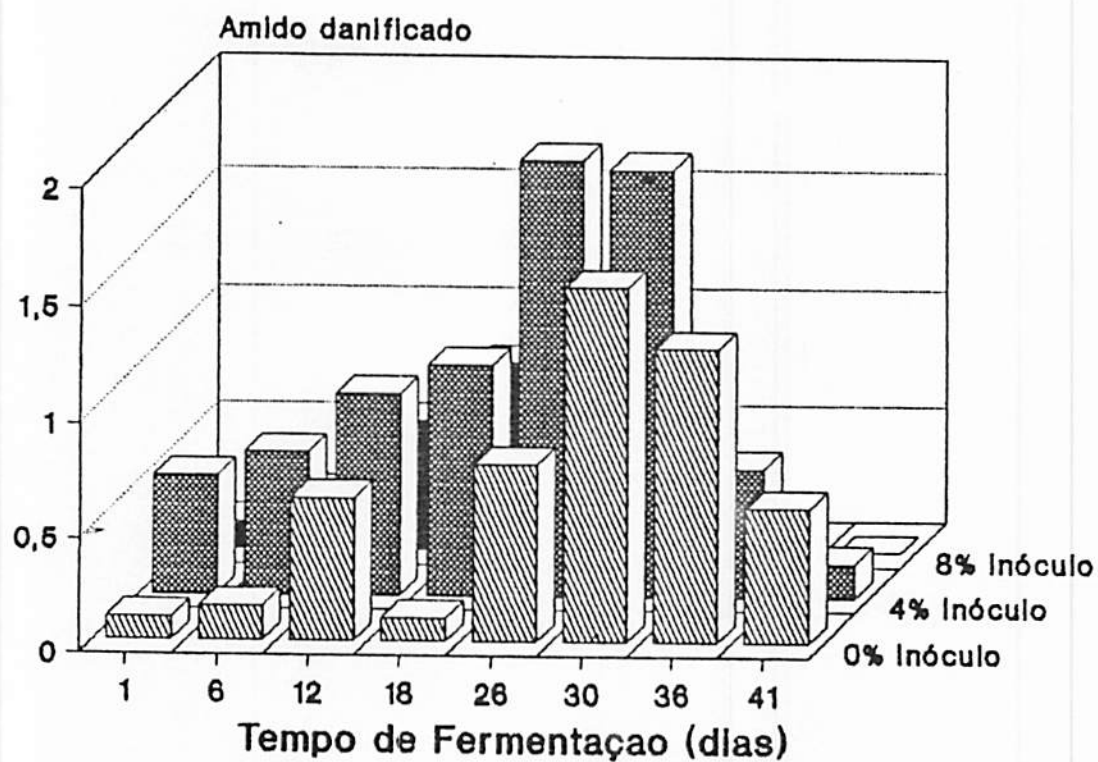


FIGURA 8. Teores médios de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos.

TABELA 5. Variação na porcentagem de amido danificado entre polvilhos com e sem inóculos, obtidos da fermentação em tanques da ESAL e de laboratório*.

Meio de fermentação	Tempo de fermentação (dias)	Amido danificado (%)			
		0%	4%	6%	8%
Tanques ESAL	12	0,6250 b	0,8750 a		0,5625 c
	18	0,1000	1,0000		0,8125
	26	0,7750	1,1193		1,1250
	30	1,5375 a	1,8372 a		0,6250 b
	36	1,2750 a	0,5625 ab		0,0000 b
Beckers de laboratório		0%	4%	6%	8%
	15	0,8125	0,6875	0,0625	0,6887
	20	0,7500	1,1250	0,2500	0,8125
	25	0,6256 b	1,1250 a	0,1875 c	0,7500 b
	30	0,3750	0,4625	0,1250	1,1875
	35	0,0625 bc	0,1875 b	0,0000 c	0,5625 a
40	0,0000 b	0,1875 a	0,0000 b	0,0000 b	

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* Valores médios de duas repetições.

A porcentagem de amido danificado dos polvilhos do experimento em laboratório nos diferentes dias de fermentação, estão representados na Tabela 4 e Figura 9, pois os ajustes de equações de regressão até o 3º grau, não forneceram percentual adequado para coeficiente de determinação.

Observa-se através da Figura 9 que as fermentações conduzidas com 0%, 4% de inóculos apresentaram a mesma tendência relatada para os experimentos anteriores. A fécula fermentada com 6% de inóculo exibiu oscilações durante todo o processo. Estas variações foram também observadas por Ascheri (1992) e possivelmente se devem à atuação e diversidade da flora microbiana existente nos diferentes meios, já que não houve correspondência entre as variações nos teores de amido danificado e os valores de pH e acidez titulável.

O teste de médias realizado no intervalo de 15 a 40 dias para avaliação da influência dos inóculos está apresentado na Tabela 5, onde nota-se a ocorrência de diferenças significativas ao nível de 5% entre as féculas obtidas aos 25, 35 e 40 dias, com os maiores valores observados para os polvilhos com 4%, 8% e 4% de inóculos, respectivamente.

As oscilações nos teores de amido danificado verificadas no experimento em laboratório, possivelmente, se devem ao excesso de purificação da fécula que provoca a eliminação de microorganismos, enzimas e substratos já existentes no produto, e as condições experimentais, se considerarmos possíveis variações nas interações ecológicas da flora microbiana, devido as melhores condições de higiene, utilizadas durante os processos de obtenção e fermentação da fécula.

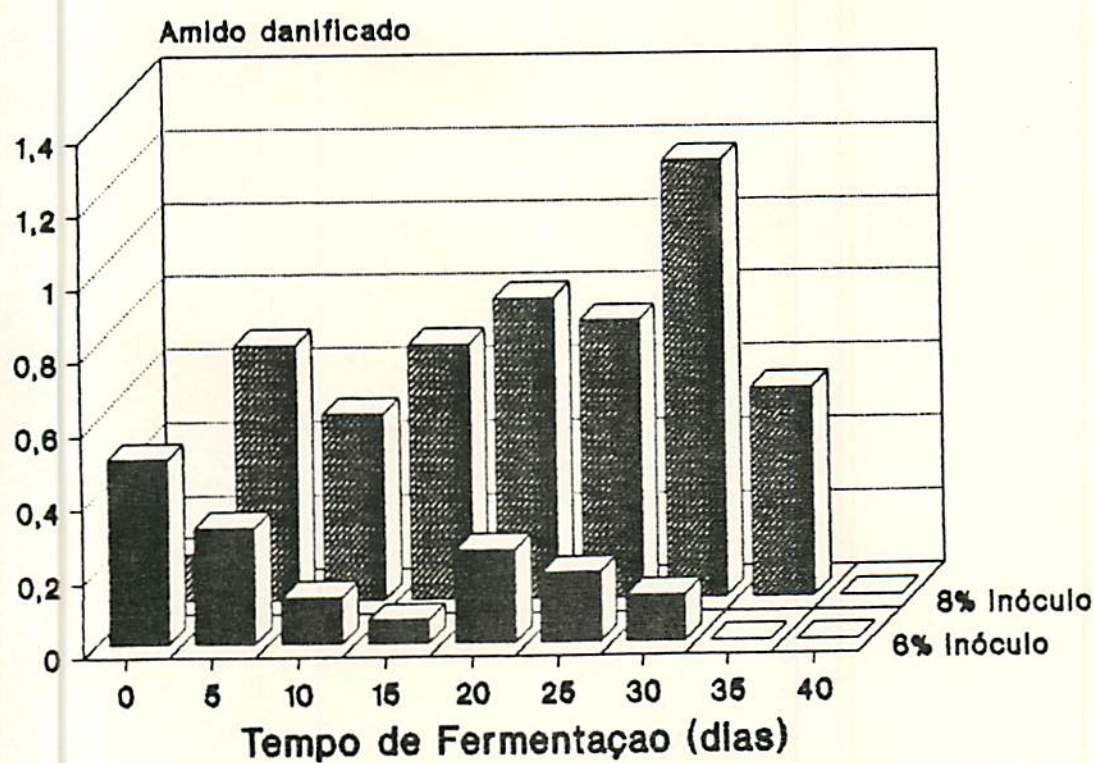
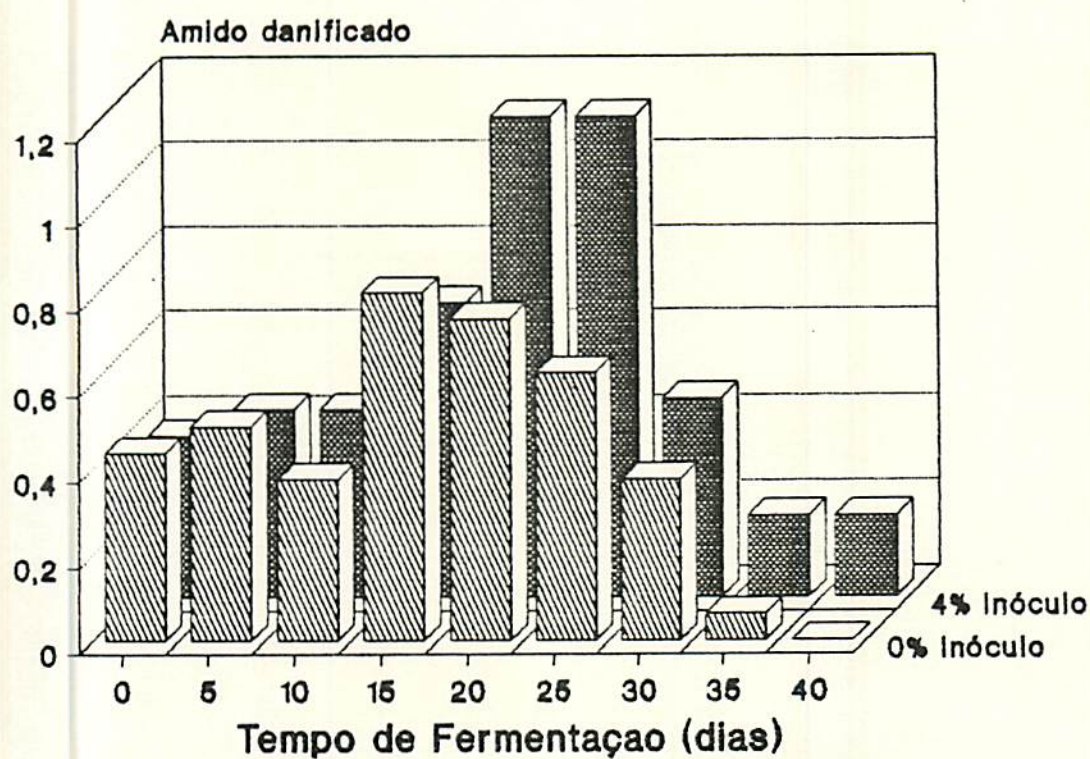


FIGURA 9. Teores médios de amido danificado dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0%, 4%, 6% e 8% de inóculos.

Os resultados obtidos neste estudo, para os três experimentos, confirmam a hipótese sugerida por Cereda (1973) e Córdenas e Buckle (1980) do ataque de α -amilase aos grânulos de amido, devendo-se ressaltar que a possibilidade de ocorrência de danificação pelo processo de extração é muito reduzida, já que o mesmo foi realizado por via úmida e que muitos detalhes da ação amilolítica desta enzima, ainda não foram completamente elucidados.

4.3 Viscosidade máxima

Os valores de viscosidade máxima das pastas dos polvilhos obtidos nos diferentes meios de fermentação encontram-se na Tabela 6. As análises de regressão foram realizadas somente para os experimentos nos tanques da ESAL e em laboratório, ambos com inóculos de 0% e 4%, os quais apresentaram coeficientes de determinação adequados (acima de 80%) para a confecção de curvas.

Através da Figura 10, pode-se notar que o experimento industrial apresentou uma queda brusca de viscosidade máxima do 1º ao 4º dia de fermentação, seguida de oscilações até o 28º dia, quando exibiu o menor valor de viscosidade máxima. Esse comportamento evidencia o aumento da fragilidade dos grânulos frente ao aquecimento e agitação mecânica em decorrência das alterações provocadas pela fermentação, podendo também ser devido a maior suscetibilidade à α -amilase.

No experimento em tanques da ESAL, nota-se pela Figura 11, que as pastas de fécula fermentada sem inóculo apresentaram

TABELA 6. Valores de viscosidade máxima dos polvilhos obtidos em diferentes meios de fermentação da fécula de mandioca.

Meio de fermentação	Tempo de fermentação (dias)	Viscosidade máxima (UA) *			
		Inóculos			
Tanque industrial	1	1495			
	4	780			
	11	795			
	13	780			
	20	750			
	25	810			
	28	685			
Tanques da ESAL		Inóculos			
		0%	4%	8%	
	1	900	800	1000	
	6	870	765	840	
	12	805	775	780	
	18	710	670	660	
	26	650	645	570	
	30	715	645	725	
	36	480	475	565	
	41	302	355	735	
Béckers de laboratório		Inóculos			
		0%	4%	6%	8%
	0	1260	1170	1080	1055
	5	1115	1080	1050	1010
	10	980	1000	970	985
	15	955	950	955	1070
	20	950	910	1010	950
	25	980	930	1020	930
	30	985	960	960	820
	35	970	920	920	890
40	945	930	940	950	

UA = unidades amilográficas.

valores de viscosidade máxima ligeiramente superiores aos da fécula com 4% de inóculo. Entre as fermentações conduzidas neste experimento, pode-se observar que os polvilhos com 4% de inóculo exibiram os menores valores de viscosidade máxima. Este fato, aliado aos maiores teores de amido danificado (item 4.2), parecem indicar, que o inóculo a 4%, exerceu efeito sobre os grânulos de amido, proporcionando redução de viscosidade máxima devido ao aumento da fragilidade dos grânulos pelo ataque enzimático.

Embora com valor de viscosidade máxima inicial superior aos das féculas com 0% e 4% de inóculo, nota-se que as pastas obtidas das féculas com 8% de inóculo exibiram tendência decrescente, excetuando-se o 30º e 41º dia, quando ocorreram acréscimos destes parâmetros (Figura 12), o que foi também observado por Ascheri (1992), no 42º dia de fermentação em tanque experimental.

Os polvilhos provenientes da fermentação em laboratório, apresentaram tendência à redução de viscosidade máxima, embora com algumas oscilações (Figuras 13 e 14), podendo-se observar pela Tabela 6 que as viscosidades máximas dos polvilhos fermentados em laboratório, apresentaram-se, no geral, superiores aos demais experimentos, sugerindo que o excesso de purificação durante a decantação, bem como a cobertura dos recipientes contendo as féculas durante a fermentação, possivelmente alteram o comportamento viscográfico do polvilho azedo, restringindo a atividade enzimática, já que este experimento foi também o que apresentou menores teores de amido danificado.

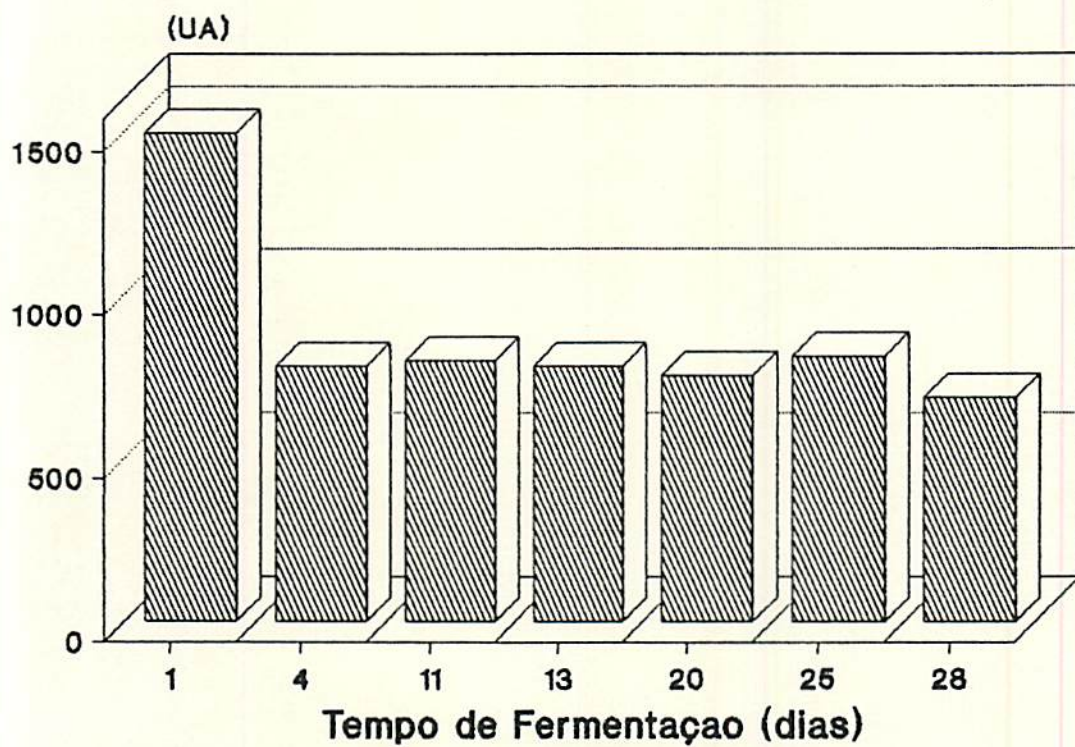


FIGURA 10. Viscosidade máxima dos polvilhos obtidos durante a fermentação industrial.

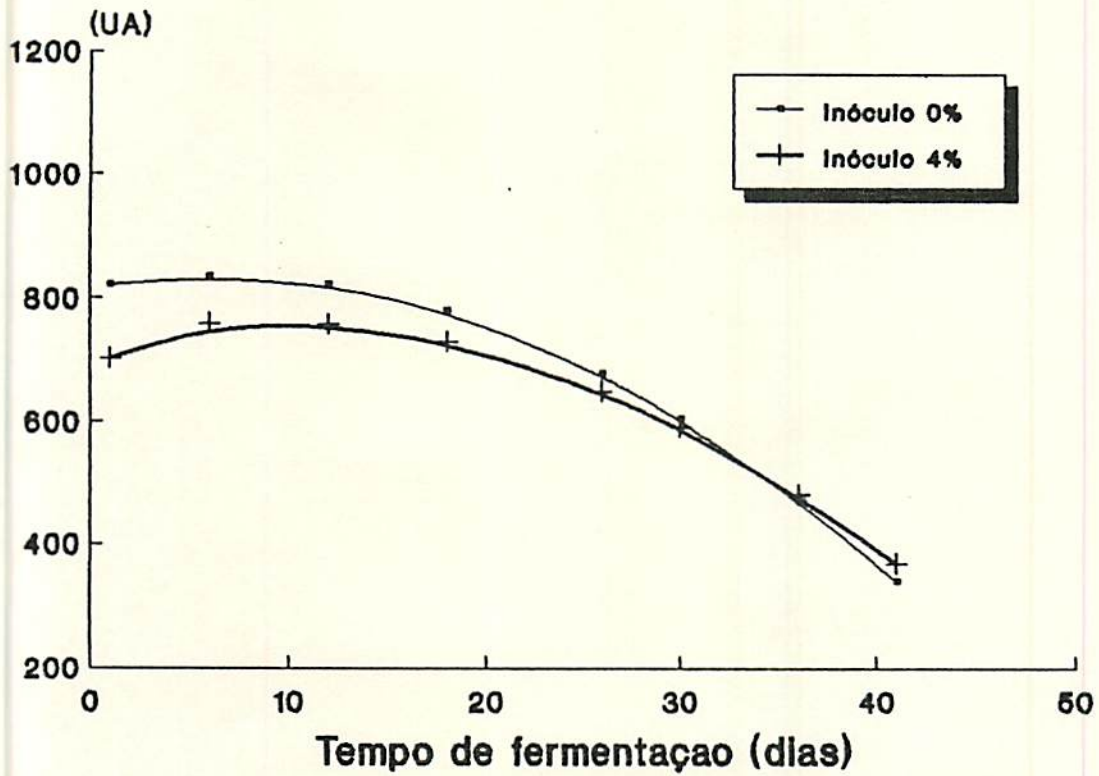


FIGURA 11. Variação dos valores de viscosidade máxima de polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL com 0% e 4% de inóculos $\blacksquare Y = 817,79 + 5,2859x - 0,41247x^2 R^2 = 91,01\%$ $\blackplus Y = 732,156 + 6,4981x - 0,374386x^2 R^2 = 94,99\%$.

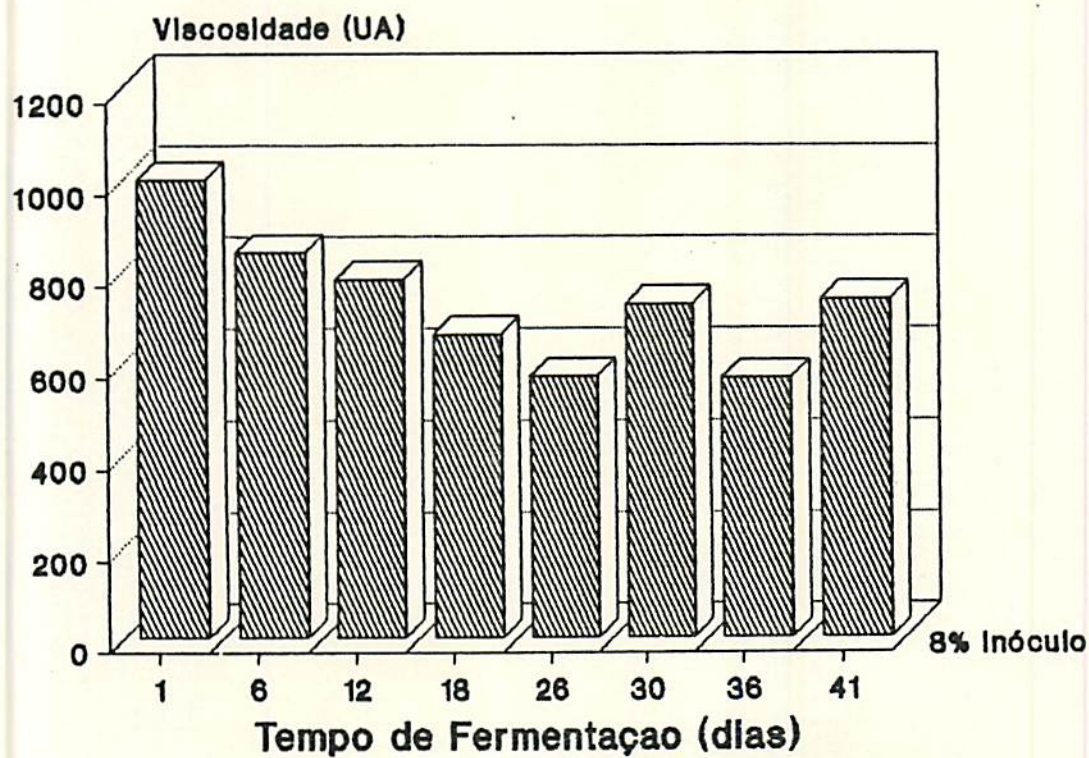


FIGURA 12. Viscosidade máxima de polvilho obtidos durante a fermentação em tanques da ESAL, com 8% de inóculos.

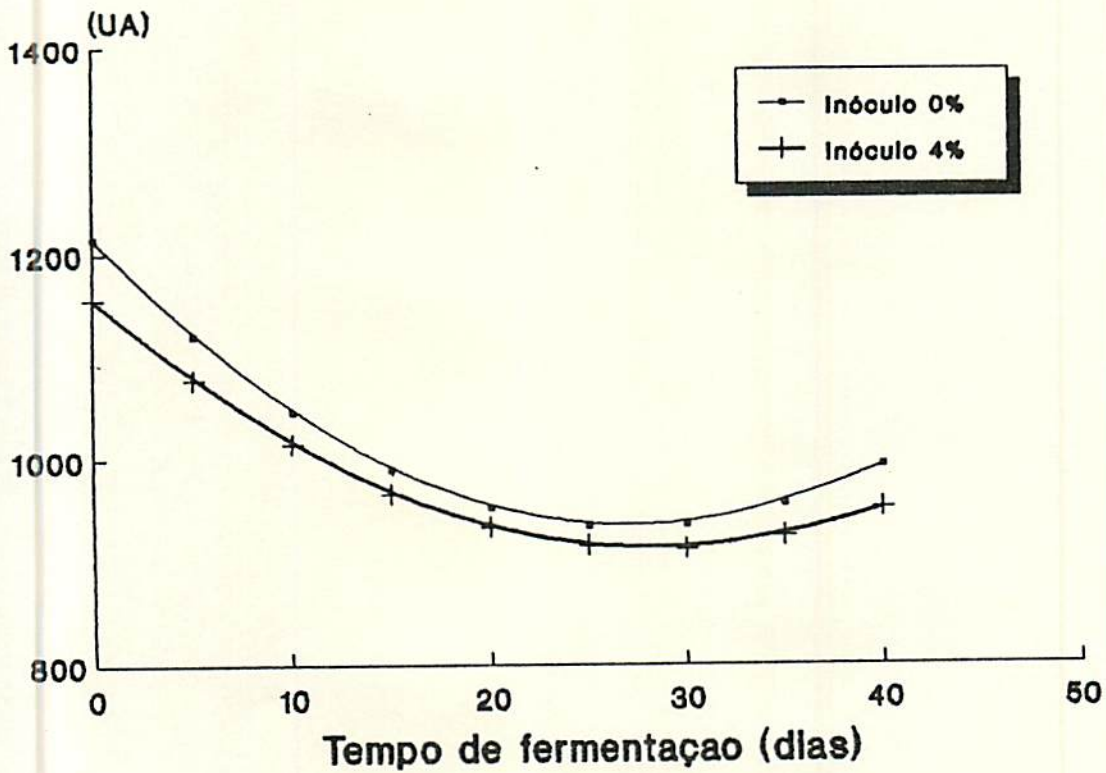


FIGURA 13. Variação dos valores de viscosidade máxima dos polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% de inóculos. —■— $Y = 1214,30 - 20,6329x + 0,377489x^2$ $R^2 = 83,24\%$ —+— $Y = 1150,30 - 17,1853x + 0,301299x^2$ $R^2 = 93,14\%$.

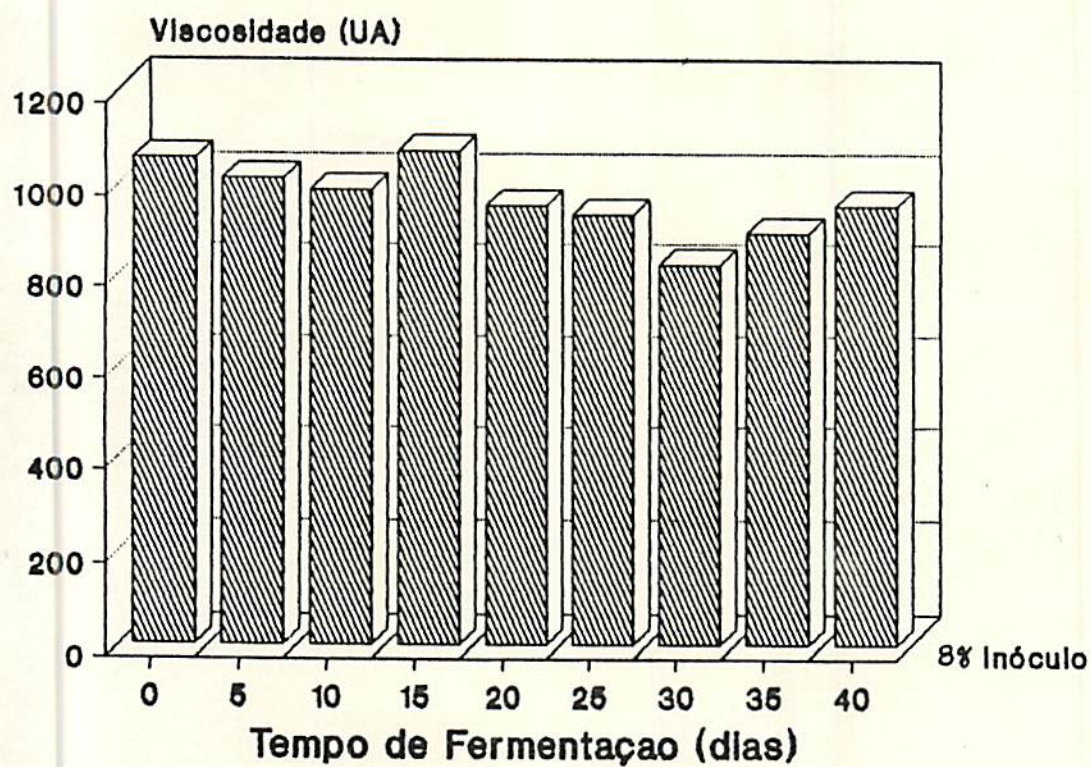
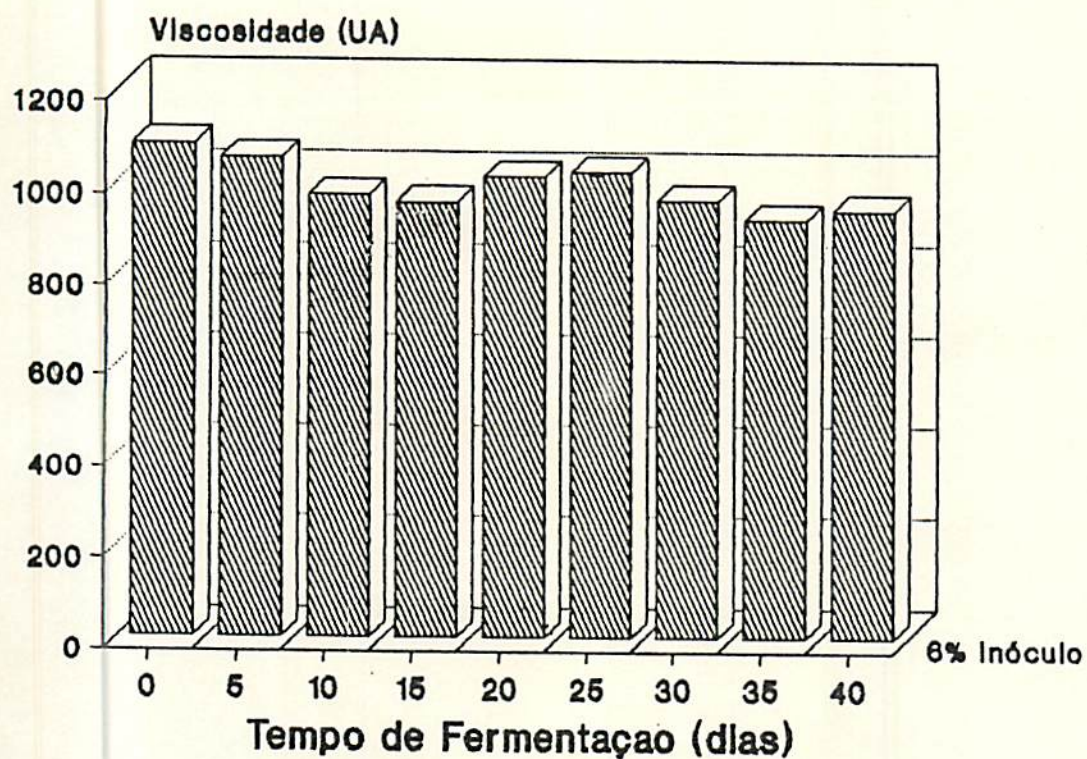


FIGURA 14. Viscosidade máxima dos polvilhos de mandioca grante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos.

4.4 Expansão, densidade e rendimento dos biscoitos

Os valores médios de expansão, densidade e rendimento dos biscoitos confeccionados com os polvilhos obtidos durante o período fermentativo estão apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9.

A nível industrial nota-se que os biscoitos confeccionados aos 13 e 20 dias apresentaram os maiores valores de expansão e conseqüentemente os menores valores de densidade (Figura 15 e Tabela 7). O maior valor encontrado aos 13 dias coincide com o maior teor de amido danificado para este experimento, sugerindo que nas condições de fermentação industrial, possivelmente, a danificação tenha beneficiado o poder de expansão da fécula.

Estes resultados confirmam que a ausência de controle do processo, aliada à utilização de técnicas subjetivas para detecção do final da fermentação, pelo produtor, não garantem a qualidade do produto para panificação, já que por indicação do mesmo, a fermentação foi interrompida no 28º dia.

Os biscoitos produzidos aos 26 dias para as fermentações conduzidas nos tanques da ESAL, exibiram os maiores valores de expansão (Tabela 8 e Figura 16) no tempo de fermentação com redução a partir deste dia até o final do processo. As féculas provenientes da fermentação com 4% de inóculo, aos 26 e 30 dias apresentaram os maiores valores de expansão, o que coincidiu com maiores valores de amido danificado nestas datas. Para a fécula fermentada com 8% de inóculo, este fato também ocorreu aos 26 dias. Estas observações parecem indicar

TABELA 7. Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial.

Tempo de fermentação (dias)	Expansão	Densidade (g/cm ³)	Rendimento*
1	1,787 c	0,198 a	19,187
4	1,653 c	0,177 ab	19,712
11	2,029 bc	0,144 abc	19,992
13	2,841 a	0,073 c	19,671
20	2,758 a	0,077 c	19,810
25	2,607 ab	0,095 bc	19,138
28	2,183 abc	0,151 abc	20,525

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* Número de biscoitos/100 g de massa.

uma possível influência do teor de amido danificado no poder de expansão dos polvilhos. No período de 12 a 36 dias, no qual observou-se características superiores de expansão para os três tanques, realizou-se teste de médias para avaliação da influência dos inóculos na propriedade de expansão das féculas (Tabela 10), podendo-se observar que as féculas fermentadas com 4% e 8% de inóculo sobressaíram-se em relação a sem inóculo em todos os dias do intervalo analisado.

As propriedades físicas dos biscoitos produzidos com féculas fermentadas em laboratórios, estão apresentadas na Tabela 9 e Figuras 17 e 18. Os polvilhos obtidos, apresentaram valores de expansão inferiores aos obtidos nos experimentos conduzidos na

TABELA 8. Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca dos tanques da ESAL com 0%, 4% e 8% de inóculos durante a fermentação.

Inóculo (%)	Tempo de fermentação (dias)	Expansão	Densidade (g/cm ³)	Rendimento*
0	1	1,679 c	0,210 b	21,224
	6	1,717 bc	0,128 de	21,387
	12	1,746 bc	0,128 de	21,185
	18	1,917 ab	0,108 e	20,735
	26	2,129 a	0,110 e	19,814
	30	1,750 bc	0,145 cd	21,016
	36	1,692 bc	0,166 c	19,763
	41	1,663 c	0,280 a	19,845
4	1	1,999 b	0,216 a	20,478
	6	2,104 b	0,139 bc	20,300
	12	2,146 b	0,136 bc	20,606
	18	2,180 b	0,144 bc	19,940
	26	2,538 a	0,094 d	20,825
	30	2,238 ab	0,121 cd	20,313
	36	2,146 b	0,132 c	21,035
	41	2,046 b	0,166 b	21,238
8	1	2,116 de	0,218 ab	20,523
	6	2,188 cd	0,214 ab	20,656
	12	2,267 bc	0,212 ab	20,060
	18	2,358 ab	0,183 bc	20,056
	26	2,421 a	0,144 c	19,913
	30	2,008 ef	0,207 ab	21,323
	36	1,942 f	0,233 a	20,257
	41	1,463 g	0,221 ab	21,772

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* Número de biscoitos/100 g de massa.

TABELA 9. Propriedades físicas dos biscoitos confeccionados com polvilhos de mandioca obtidos em laboratório com 0%, 4%, 6% e 8% de inóculos durante a fermentação.

Inóculo (%)	Tempo de fermentação (dias)	Expansão	Densidade (g/cm ³)	Rendimento*
0	0	1,301 d	0,372	20,488 b
	5	1,420 d	0,320	24,490 a
	10	1,531 cd	0,309	22,517 ab
	15	1,735 c	0,216	21,448 ab
	20	2,103 a	0,140	22,062 ab
	25	1,773 bc	0,228	20,115 b
	30	1,772 bc	0,190	22,700 ab
	35	1,766 bc	0,194	22,842 ab
	40	1,981 ab	0,164	22,296 ab
	4	0	1,547	0,315 a
5		1,485	0,271 ab	23,557 a
10		1,684	0,217 ab	22,792 ab
15		1,779	0,182 b	23,506 a
20		1,946	0,165 b	21,479 bc
25		1,764	0,217 ab	20,859 bc
30		1,725	0,232 ab	20,443 c
35		1,948	0,186 b	20,427 c
40		1,885	0,199 b	21,236 bc
6		0	1,484 cde	0,294 abc
	5	1,574 bcde	0,265 abcd	21,827
	10	1,575 bcd	0,246 bcde	22,724
	15	1,577 bcd	0,245 bcde	22,464
	20	1,388 e	0,324 a	21,267
	25	1,441 de	0,306 ab	21,473
	30	1,655 bc	0,235 cde	21,035
	35	1,875 a	0,186 e	21,063
	40	1,707 ab	0,219 de	20,930
	8	0	1,350 d	0,286 ab
5		1,549 cd	0,288 ab	21,188
10		1,624 bcd	0,269 ab	20,014
15		1,432 d	0,331 a	20,470
20		1,807 abc	0,190 ab	21,188
25		1,959 ab	0,175 b	19,816
30		1,936 ab	0,180 ab	20,172
35		2,045 a	0,141 b	21,526
40		1,567 cd	0,273 ab	20,580

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* Número de biscoitos por 100 g de massa.

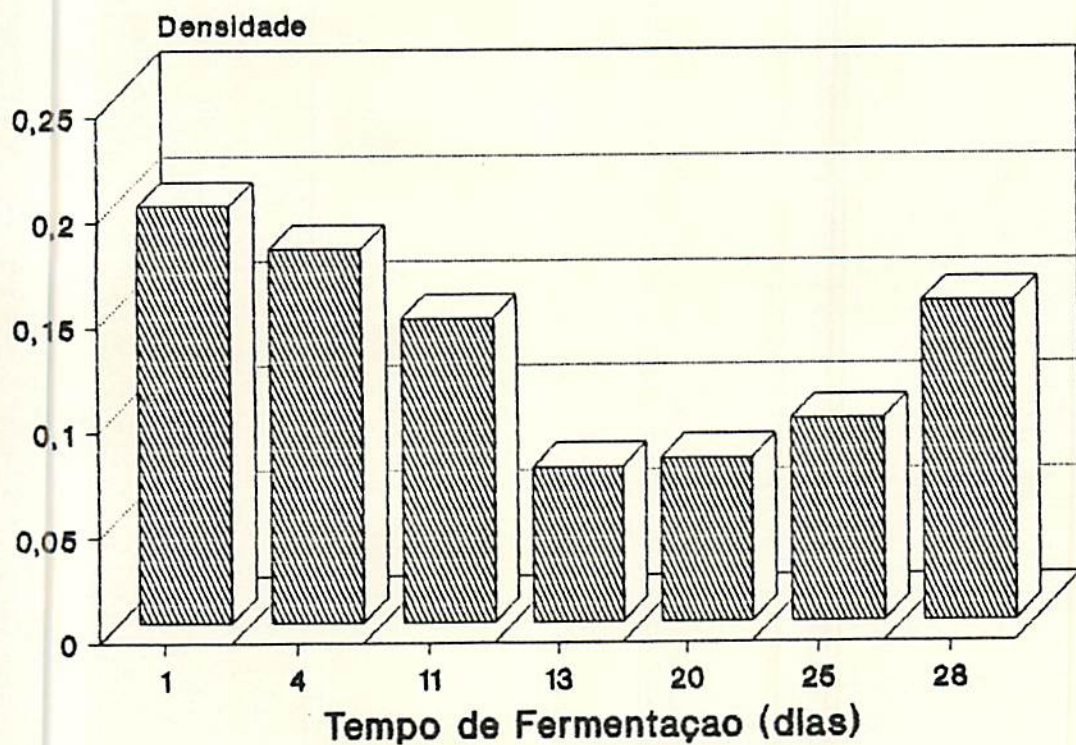
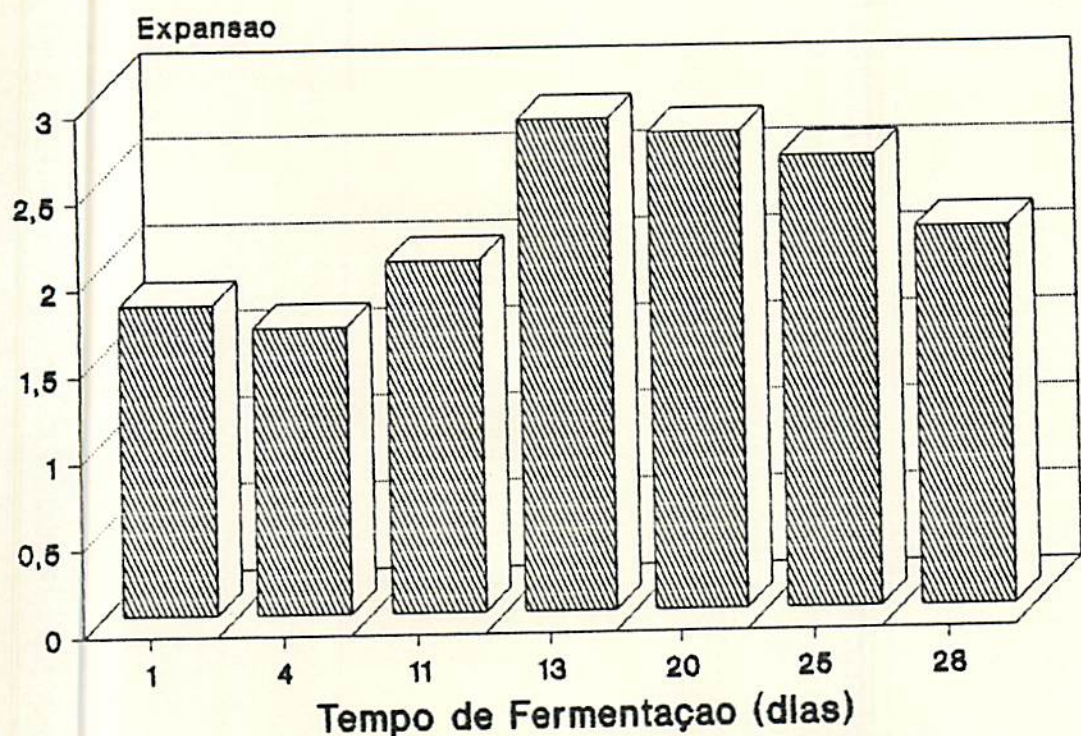


FIGURA 15. Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação industrial.

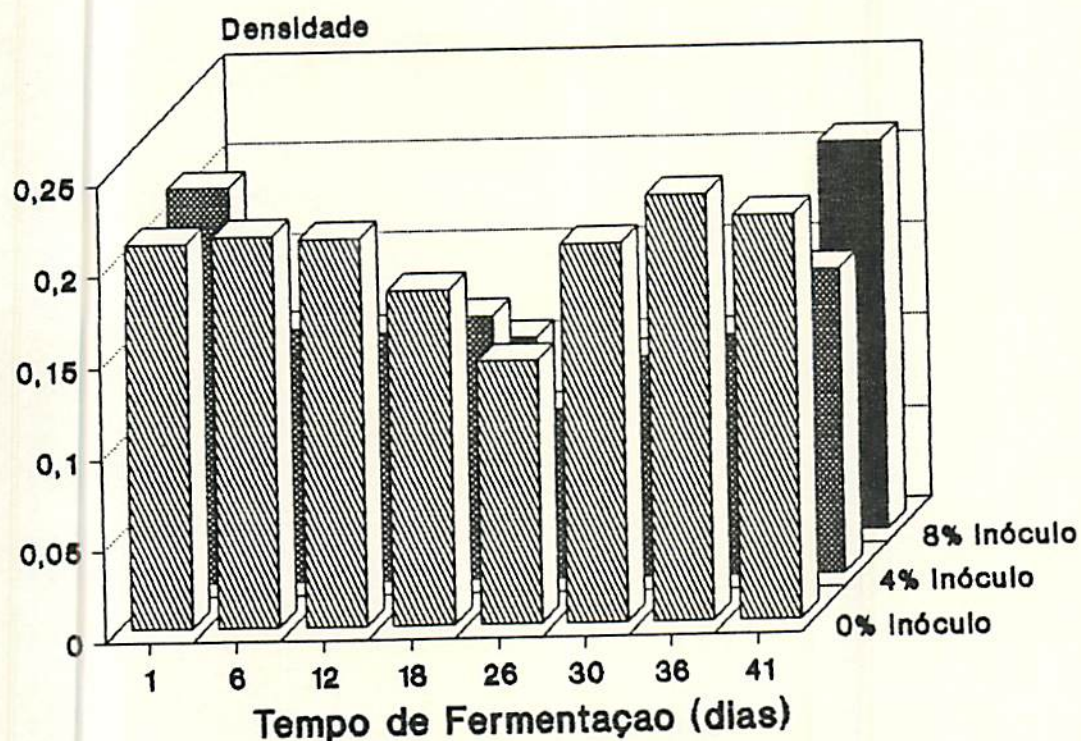
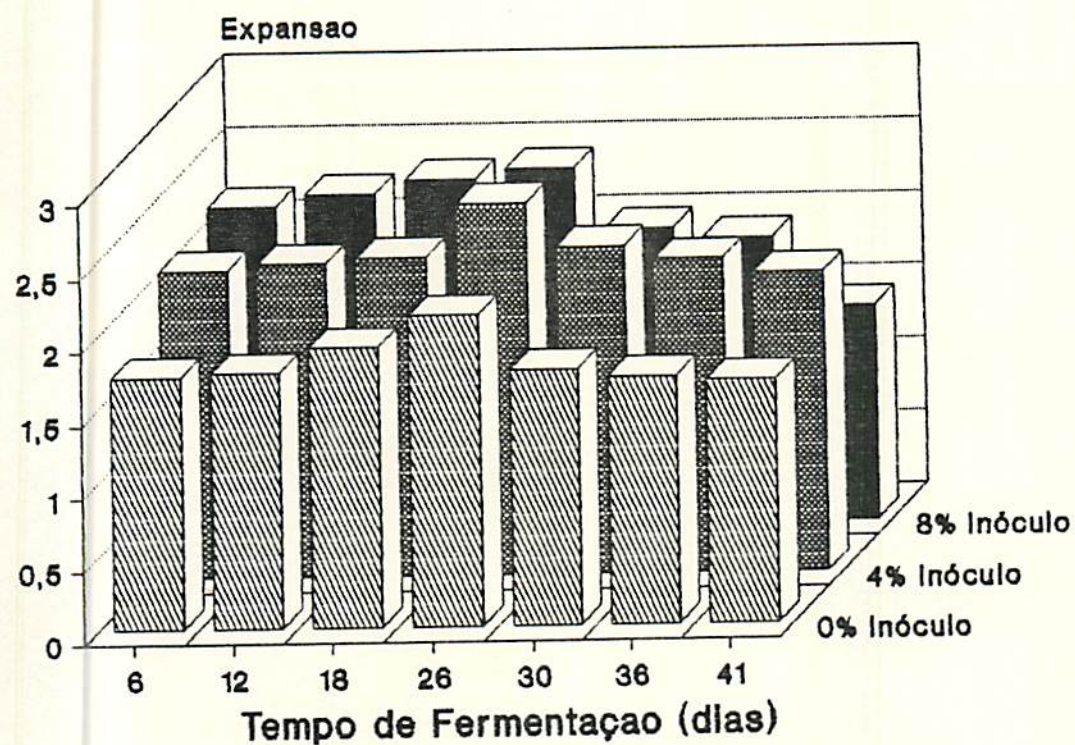


FIGURA 16. Valores de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em tanques da ESAL.

indústria e em tanques da ESAL. Além disso, os biscoitos apresentaram-se duros e com crostas grossas, devendo-se ressaltar que as massas elaboradas para a confecção dos mesmos, não apresentaram características desejáveis para moldagem, tais como, plasticidade e consistência adequadas para confecção dos biscoitos. As características acima mencionadas são próprias de polvilho doce e foram também relatadas por Asquieri, Vilela e Cereda (1993). Estes fatos parecem indicar que a utilização de quantidades reduzidas de fécula, o excesso de purificação, bem como a proteção dos recipientes durante o processo fermentativo, exerce algum tipo de influência no comportamento do polvilho azedo.

O efeito dos inóculos na fermentação das féculas obtidas em laboratório, no intervalo onde foram observados os maiores valores de expansão, está representado na Tabela 10. Observa-se que, no geral, as féculas fermentadas com 4% e 8% de inóculo, sobressairam-se entre as demais, devendo-se ressaltar que este intervalo (15 a 40 dias), no qual foram constatados os maiores valores de expansão, coincide com o intervalo onde foram obtidos os maiores teores de amido danificado. Estes fatos parecem indicar uma relação entre susceptibilidade enzimática, capacidade de expansão da fécula e conseqüentemente, a qualidade do polvilho azedo.

As alterações relatadas para as fermentações em laboratório, demonstram a necessidade de estudos relacionados aos aspectos microbiológicos, bem como, a padronização de equipamentos e metodologias para acompanhamento do processo fermentativo.

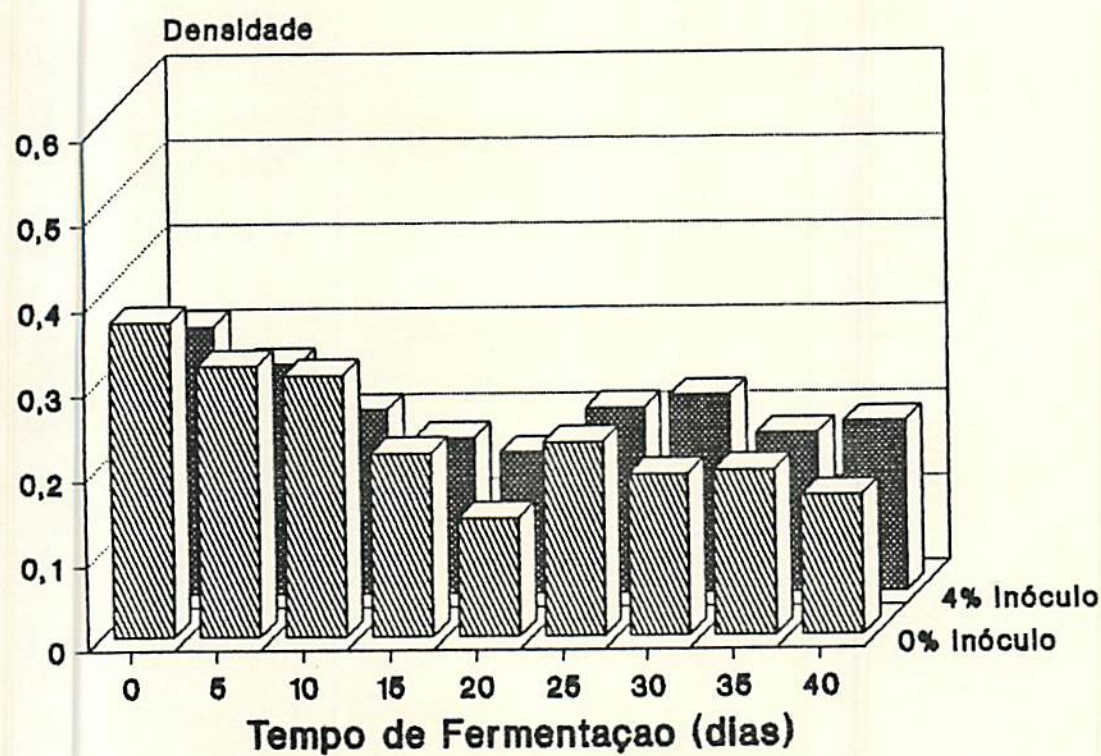
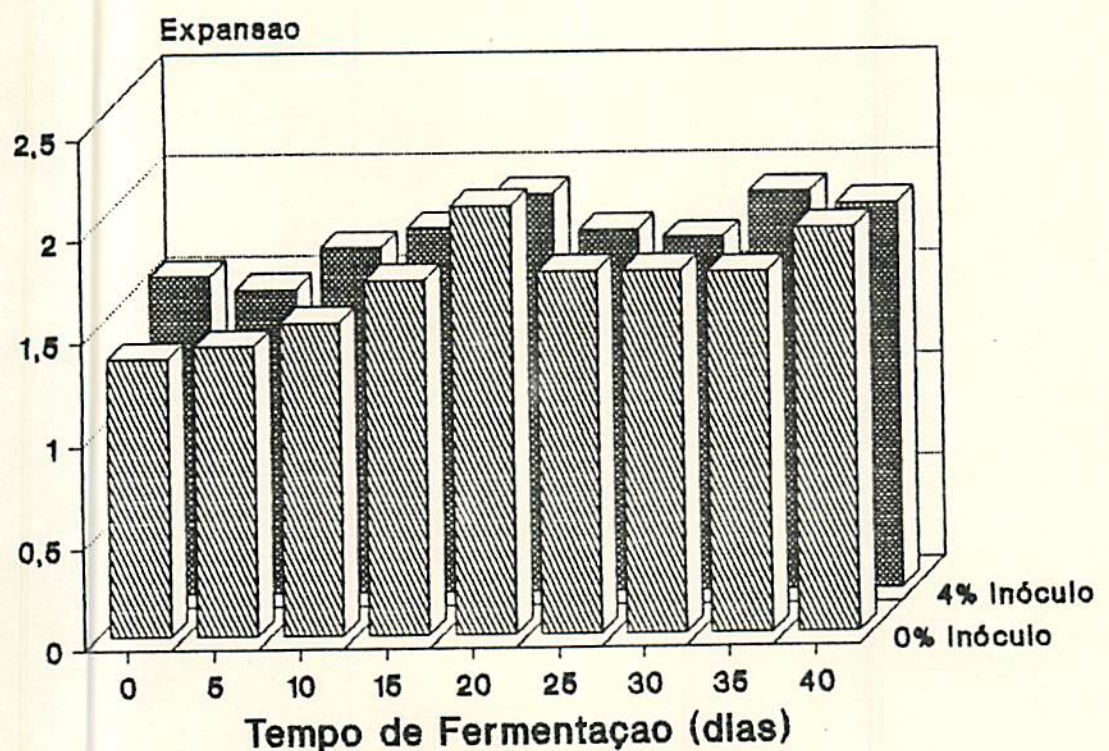


FIGURA 17. Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 0% e 4% de inóculo.

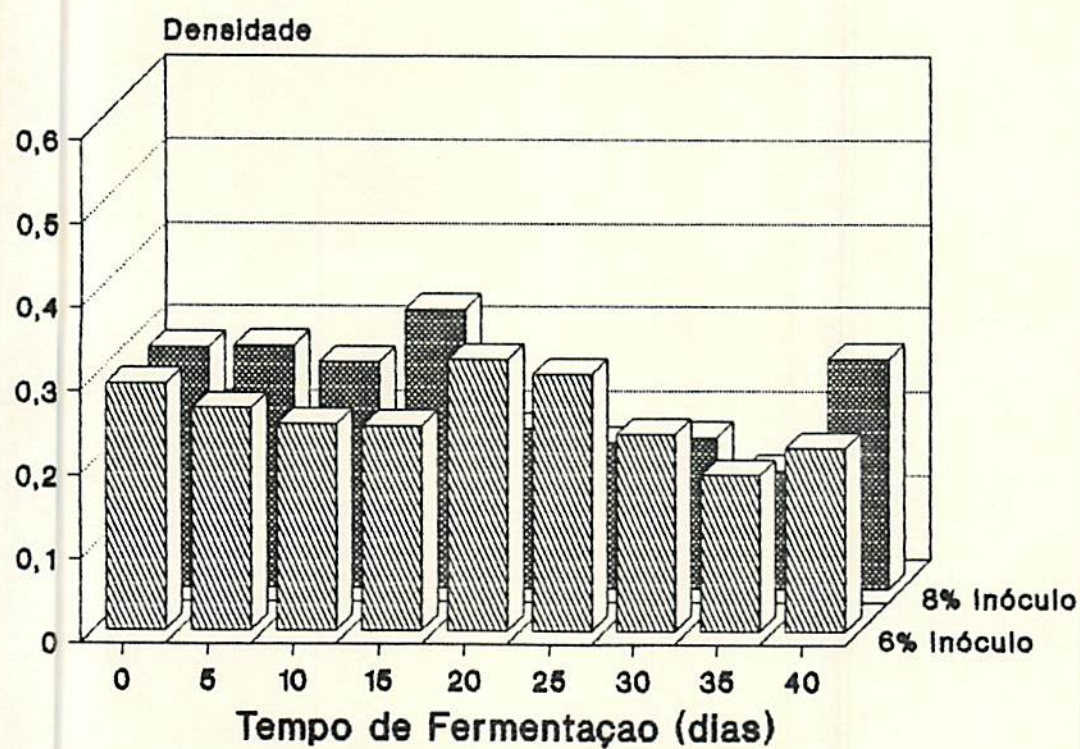
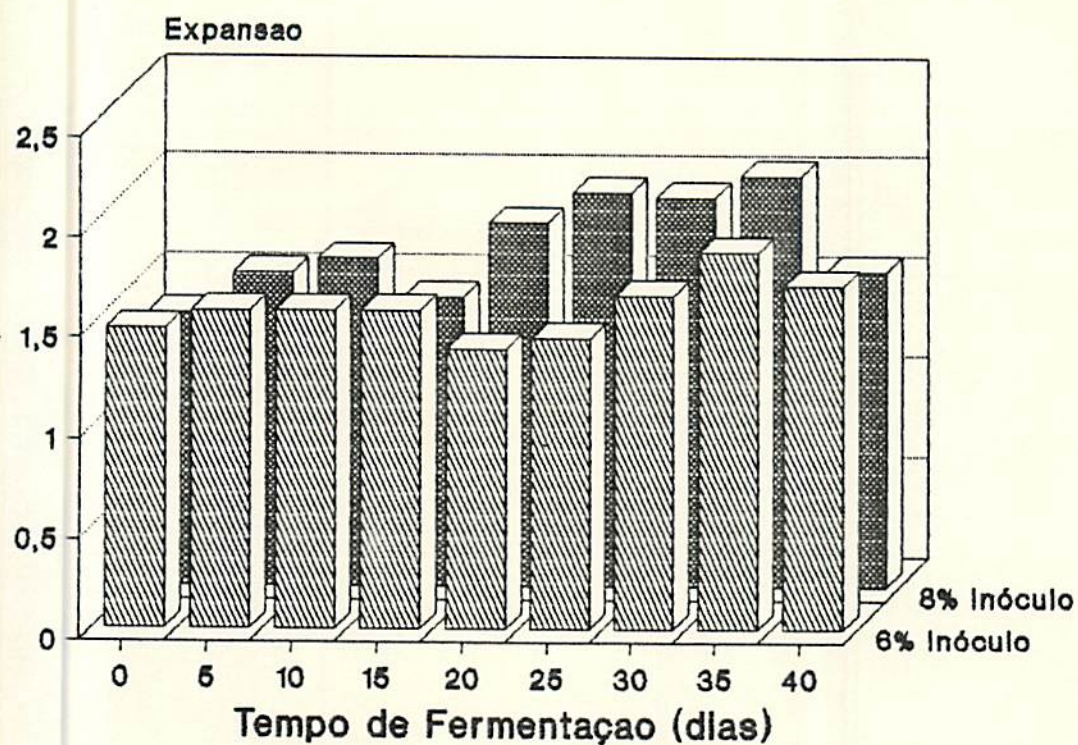


FIGURA 18. Valores médios de expansão e densidade dos biscoitos de polvilhos de mandioca durante a fermentação em laboratório com 6% e 8% de inóculos.

A avaliação do número de biscoitos por 100 g de massa pode ser realizada através das Tabelas 7, 8 e 9, onde observa-se que apenas as féculas fermentadas em laboratório com 0% e 4% de inóculo, apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, demonstrando nas condições experimentais utilizadas, o tempo de fermentação e as inoculações não exerceram influência sobre o rendimento das massas.

TABELA 10. Influência dos inóculos na expansão dos biscoitos elaborados com polvilhos de fécula de mandioca obtidos durante a fermentação em tanques da ESAL e em laboratório.

Meio de fermentação	Tempo de fermentação (dias)	Expansão			
		0%	4%	6%	8%
Tanques da ESAL*	12	1,746 b	2,146 a		2,267 a
	18	1,917 c	2,180 b		2,358 a
	26	2,129 b	2,538 a		2,421 ab
	30	1,750 b	2,238 a		2,008 a
	36	1,691 c	2,146 a		1,942 b
		0%	4%	6%	8%
Beckers de laboratório**	15	1,735 ab	1,779 a	1,577 bc	1,432 c
	20	2,103 a	1,946 a	1,388 b	1,807 a
	25	1,773 ab	1,764 ab	1,441 b	1,959 a
	30	1,772	1,725	1,655	1,936
	35	1,765 b	1,948 ab	1,875 ab	2,045 a
	40	1,981	1,885	1,707	1,567

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* Valores médios de repetições.

** Valores médios de 2 repetições.

5 CONCLUSÕES

Segundo as condições experimentais utilizadas e os resultados obtidos, podem ser estabelecidas as seguintes conclusões:

- A fermentação altera a composição química da fécula e a interrupção empírica do processo não assegura a obtenção de polvilho azedo de boa qualidade.
- A acidez titulável aumentou lentamente durante a fermentação em tanque industrial, enquanto os experimentos em tanques da ESAL e em laboratório apresentaram acidificação inicial com posteriores oscilações até o final dos processos.
- Os polvilhos provenientes da indústria exibiram declínio acentuado de viscosidade máxima e os maiores valores de expansão e amido danificado apresentaram-se ao 13º dia de fermentação.
- Os maiores valores de expansão e amido danificado nos tanques da ESAL foram constatados no 26º dia de fermentação das féculas inoculadas a 4% e 8%.

- Os polvilhos provenientes da fermentação em laboratório exibiram os maiores valores de viscosidade máxima e densidade dos biscoitos e menores valores de expansão e amido danificado durante o tempo de fermentação.

- O rendimento dos polvilhos não foi afetado pelo tempo de fermentação.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se o estudo de inóculos com utilização de fécula doce em quantidades proporcionais às empregadas na fermentação industrial, para melhor avaliação de sua influência, desde que foi constatado nos experimentos em tanques da ESAL, maior expansão dos biscoitos produzidos com as féculas inoculadas em relação à sem inóculo.

Estudos à níveis microbiológico e citológico poderiam elucidar os aspectos relacionados ao elevado poder de expansão do polvilho azedo e propiciar condições mais específicas de controle de qualidade do polvilho azedo em laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Cereal laboratory methods. Saint Paul, 1962. V.4.

ASCHERI, D.P.R. Acompanhamento do processo fermentativo através das características do polvilho e dos biscoitos elaborados. Lavras: ESAL, 1992. 92p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

ASQUIERI, E.R. Efeitos da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas. Lavras: ESAL, 1990. 105p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

ASQUIERI, E.R.; VILELA, E.R.; CEREDA, M.P. Efeito do processo de extração e da fermentação nas características do polvilho azedo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.13, n.1, p.67-76, jan./jun. 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 4.ed. Virginia, 1984. 1094p.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Decreto nº 12.486, 20 de outubro de 1978. Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos. *Diário Oficial de São Paulo*, São Paulo, p.3-25, 21 de out. 1978.

BROMELIUS. Mandioca "for ever", carimã e polvilho azedo. *Chácaras e Quintais*, São Paulo, v.62, n.4, p.440-441, 1940.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULGON, A.; RICHARD-MOLAR, D. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*). Starch: Polvilho Azedo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Osney Mead, v.45, n.3, p.273-289, Mar. 1988.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. de. Sour cassava starch production: a preliminary study. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.6, p.1509-1528, NOV./Dec. 1980.

- CARVALHO, V.D. de; CHAGAS, S.J. de R.; COSTA, A.C. Alterações em alguns componentes estruturais das raízes durante o armazenamento pós-colheita de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.7, n.2, p.73-77, dez. 1988.
- CEREDA, M.P. **Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca.** Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1973. 89p. (Tese - Doutorado em Ciências).
- CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I. Características viscosográficas e absorção de água. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.3, n.2, p.7-13, 1985a.
- CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca. II. Características físico-químicas e absorção de água. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.3, n.2, p.15-20, 1985b.
- CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.3, p.305-20. jul./set. 1983a.
- CEREDA, M.P. Determinação da viscosidade em fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.1, p.15-24, jan./mar. 1983a.
- CEREDA, M.P. General viewpoint of cassava starch industries in Brazil. In: TALLER, "Avances sobre almidón de yuca". Cali, 1991. *Resúmenes...* Colômbia: CIRAD/CEEMAT-CIAT, 1991.
- CEREDA, M.P. Microorganismos e ácidos orgânicos ocorrentes na fermentação da fécula de mandioca. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.47, p.361-2, 1975.
- CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia*, Campinas, v.17, n.3, p.287-295, jul./set. 1983c.
- CEREDA, P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.63-68, 1987.
- CEREDA, M.P.; BONASSI, I.A. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial (polvilho azedo). III. Ácidos orgânicos e absorção de água. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.3, n.2, p.21-30, 1985.

- CEREDA, M.P.; BONASSI, I.A.; BRASIL, O.G.; MATSUI, E. Ensaio de fermentação da fécula de mandioca em diferentes condições de cultivo. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.3, n.2, p.69-81, 1985.
- CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural da fécula de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.6, n.1, p. 29-33, 1987.
- CEREDA, M.P.; LIMA, V. de A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II. Controle das fermentações realizadas em laboratório. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia*, Campinas, v.15, n.2, p.107-122, abr./jun. 1981.
- CEREDA, M.P.; LIMA, V. de A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. III. Determinação dos ácidos orgânicos. Turrialba, Turrialba, v.35, n.1, p.19-24, jan./mar. 1985a.
- CEREDA, M.P.; LIMA, V. de A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. IV. Determinação dos açúcares redutores. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.60, n.1, p.23-34, 1985b.
- CEREDA, M.P.; LIMA, V. de A.; BRASIL, M.A. Aspectos da fermentação da fécula de mandioca. I. Características do polvilho azedo comercial. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.56, n.4, p.230, dez. 1981.
- CHUZEL, G. Almidón de yuca, uso actual y potencial. *Boletín Informativo de Yuca*, Cali, v.15, n.1, p.9-11, Apr. 1991.
- DANTAS, J.L.L.; CUNHA, M.A.P. A colheita e a pós-colheita de mandioca no Brasil; estudo de caso. Cruz das Almas: EMBRAPA, 1981. 23p. (Documento Nacional do Centro de Pesquisas de Mandioca e Fruticultura, 1).
- FIGUEIREDO, A.P. Sobre a indústria da mandioca (almidón, gamma ou polvilho). *Chácaras e Quintaes*, São Paulo, v.53, n.1, p.99-103, 1936.
- FIGUEROA, C. Fermentacion del almidon de yuca. Cali: Abril 1991. 97p.
- FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R.L. BEMILLER, J.N.; PASCHALL, E.F. *Starch: chemistry and technology*. London: Academic Press, 1984. Cap.7, p.183-247.
- GREENWOOD, C.T. Structure, properties and amylolytic degradation of starch. *Food Technology*, Chicago, v.18, n.5, p.138-144, May. 1964.

- MARTINS, P.A. da C.T.C.; SILVA, M.R. da; AMANTE, E.R.; LAVINA, M.L. Influência da matéria-prima e do processamento no fator ácido de féculas de mandioca (*Manihot utilissima*). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia*, Campinas, v. 25, n.4, p.47, jul./dez. 1991.
- MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J.; KITE, F.E. Graphical analysis of Brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chemistry*, Minnesota, v.34, n. p.141-152, 1957.
- MOORTHY, S.N.; RAMANUJAM, T. Variation in properties of starch in cassava varieties in relation to age of the crop. *Starch/Starke*, Weinheim, v.38, n.2, p.58-61, Sept. 1986.
- NAKAMURA, I.N.; MORAIS, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre a tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicação. *Científica*, Jaboticabal, v.4, n.2, p. 196-202, 1976.
- NAKAMURA, I.N.; PARK, Y.K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch ("polvilho azedo"). *Die Starke*, Weinheim, v.27, n.9, p.295-297, Sept. 1975.
- OVIEDO, M.S.P. Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1991. 125p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- OYEWOLE, O.B. Fermentation of cassava for Lafun and Fufu production in Nigeria. *Food Laboratory News*, Germany, v.7, n.2, p.29-31, 1991.
- PACHECO, J.A. de C. Observações preliminares sobre a influência da variedade de mandioca na viscosidade do polvilho. *Revista de Agricultura*, Campinas, v.25, n.11-12, p.337-366, Nov./Dez. 1950
- PIMENTEL, L.; GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 12. ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1987. 467p.
- PORTO, M.C.M.; ASIEDU, R. Iniciativa IIIA-CIAT para el MOVIMIENTO SEGURO DE GERMOPLASMA. Yuca. *Boletim Informativo*, v.16, n.1, p.2-4, ago. 1992.
- SANDSTEDT, R.M.; MATTERN, P.J. Damaged starch, quantitative determination in flour. *Starch*, Weinheim, v.37, n.3 p.379-390, Mar. 1960.
- SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E.C. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.45, n.6, p.564-573, 1968.
- SILVEIRA, A.H. Polvilho. *Boletim de Agricultura*, Belo Horizonte, v.5, p.55-56, 1956.

- VILELA, E.R. Tecnologia e produção de raspas de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n. 145, p.53-53, jan. 1987.
- ZAPATA, L.E.; MARTINEZ, A.; PARADA, J.L. Aspectos microbiológicos del proceso fermentativo del almidon de yuca. In: TALLER. "Avances sobre almidón de yuca", 1991. Resúmenes... Colômbia, CIAT, 1991. .

APÉNDICE

QUADRO 1A. Resumo das análises de variância referentes ao valor de pH e teor de acidez titulável dos polvilhos durante a fermentação da fécula de mandioca em tanques industrial e da ESAL.

Meio de fermentação	Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
			pH	Acidez titulável	
Tanque industrial	Tempo	6	0,1240**	1,4287**	
	Erro	7	0,0007	0,0066	
	CV (%)		0,5500	2,7250	
Tanques da ESAL	0%	Tempo	6	0,7199**	0,0900**
		Erro	7	0,0006	0,0009
		CV (%)		0,4220	1,8120
	4%	Tempo	7	0,6722**	0,0935*
		Erro	8	0,0001	0,0004
		CV (%)		0,2130	1,4560
	8%	Tempo	7	0,7484**	0,0702*
		Erro	8	0,0012	0,0023
		CV (%)		0,5960	2,9410

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 2A. Resumo das análises de variância referentes ao valor de pH e teor de acidez titulável dos polvilhos durante a fermentação em laboratório.

Inóculos (%)	Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios	
			pH	Acidez titulável
0	Tempo	8	0,0330**	0,0257**
	Erro	9	0,0016	0,0018
	CV (%)		0,9820	3,4730
4	Tempo	8	0,0405**	0,0263**
	Erro	9	0,0034	0,0032
	CV (%)		1,4310	4,1010
6	Tempo	8	0,1497**	0,0168*
	Erro	9	0,0027	0,0013
	CV (%)		1,1680	3,3860
8	Tempo	8	0,1118**	0,0069
	Erro	9	0,0016	0,0041
	CV (%)		0,9270	5,1690

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3A. Resumo das análises referentes ao teor de amido danificado dos polvilhos durante a fermentação em tanque industrial, tanques da ESAL e em laboratório.

Tanque industrial	Inóculos	FV	GL	Quadrados médios		
				Am. danific.	Resíduo	CV (%)
Tanque industrial		Tempo	6	0,35602 **	0,0003159	3,686
Tanques da ESAL	0%	Tempo	7	0,5865283**	0,0188141	21,29
	4%	Tempo	7	0,7796028**	0,0133704	12,425
	8%	Tempo	7	0,3379527**	0,0439453	47,98
Laboratório	0%	Tempo	8	0,1542969**	0,0232986	34,89
	4%	Tempo	8	0,281519	0,1032986	54,836
	6%	Tempo	8	0,05230 **	0,0003278	10,43
	8%	Tempo	8	0,2560764**	0,0339039	31,19

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 04. Quadrados médios referentes a análise de regressão para amido danificado durante a fermentação industrial.

	FV	GL	QM
Tanque industrial	Regressão linear	1	0,1789716
	Regressão quadrática	1	0,290319 *
	Desvio regressão	4	0,03237

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 05. Quadrados médios referentes a análise de regressão para viscosidade máxima dos polvilhos durante a fermentação em tanques da ESAL e em laboratório com 0% e 4% de inóculos.

Meio de fermentação	Inóculo (%)	FV	GL	QM
Tanque ESAL	0%	Regressão linear	1	193356,7 **
		Regressão quadrática	1	192312,0 **
		Desvio regressão	4	5168,427
	4%	Regressão linear	1	45926,67 *
		Regressão quadrática	1	9247,85 **
		Desvio regressão	6	2460,765
Laboratório	0%	Regressão linear	1	45926,67
		Regressão quadrática	1	9247,85
		Desvio regressão	5	2460,765
	4%	Regressão linear	1	39526,67
		Regressão quadrática	1	11025,65
		Desvio regressão	6	699,6604

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 6A. Resumo das análises de variância referentes às propriedades físicas dos biscoitos elaborados com polvilhos obtidos durante a fermentação da fécula de mandioca em tanques industrial e da ESAL.

Meio de fermentação	Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
			Expansão	Densidade	Rendimento
Tanque industrial	Tempo	6	0,6786**	0,0073**	0,6771
	Erro	14	0,0558	0,0012	0,2891
	CV (%)		10,4300	26,7270	2,7270
Tanques da ESAL 0%	Tempo	7	0,0763**	0,0104**	1,5070*
	Erro	16	0,0063	0,0001	0,5205
	CV (%)		4,4580	6,9960	3,5130
4%	Tempo	7	0,0812**	0,0038**	0,6273
	Erro	16	0,0133	0,0001	0,4330
	CV (%)		5,309	7,9560	3,1930
8%	Tempo	7	0,2764**	0,0023**	1,4443
	Erro	16	0,0026	0,0002	0,6747
	CV (%)		2,4570	7,7740	3,9640

QUADRO 7A. Resumo das análises de variância referentes às propriedades físicas dos biscoitos elaborados com polvilhos obtidos da fécula de mandioca durante a fermentação em laboratório.

Inóculo (%)	Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
			Expansão	Densidade	Rendimento
0	Tempo	8	0,1190**	0,0123**	3,4502*
	Erro	9	0,0037	0,0054	0,7177
	CV (%)		3,5780	34,037	3,8320
4	Tempo	8	0,0538*	0,0044**	3,1477**
	Erro	9	0,0147	0,0007	0,2462
	CV (%)		6,9460	12,3360	2,2680
6	Tempo	8	0,0434**	0,0038**	0,8384
	Erro	9	0,0022	0,0003	0,5191
	CV (%)		2,9710	6,7540	3,3300
8	Tempo	8	0,1232**	0,0087**	1,0119
	Erro	9	0,0082	0,0014	0,9875
	CV (%)		5,3560	16,2980	3,7030