

ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO DA POLPA DE CAFÉ A 45°C ATRAVÉS DO USO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DA POLPA¹ /

S. M. TAUK*

Summary

*A study of the decomposition of fresh and pressed coffee pulp by microorganisms was carried out. The inoculum was obtained from the same pulp. Optimal conditions were sought in order to accelerate the decomposition. The transformation of this residue was monitored by means of the assay of total N, total P, ash, water content, organic C and the C/N ratio. A temperature of 45°C and the use of the inoculum served to accelerate decomposition of fresh pressed residues. The best degradation of fresh pulp was achieved when the yeast *Hansenula polymorpha* was employed. The decomposition of pressed pulp was achieved when a mixture of microorganisms from the same pulp was used, but this process was slower than the degradation of fresh pulp*

Introdução

O interesse na polpa de café foi despertado devido aos graves problemas de contaminação ambiental, que vem ocasionando, principalmente em países onde o benefício do café é por via úmida. A natureza da polpa de café varia segundo a região onde é produzida (7, 8) e os problemas e suas possíveis soluções para utilizá-la não são iguais para todas as áreas. A polpa representa o resíduo mais volumoso do café, correspondendo a 40% do peso do fruto fresco. É geralmente acumulada em receptáculos abertos, nos quais ocorrem degradações mistas, aeróbicas, provocando maus odores, ocorrência de moscas e um líquido negro altamente contaminante. Existem proposições da utilização da polpa de café como alimento para gado (6, 10) e como adubo orgânico (21), porém sem tratamento prévio. Quanto à composição química, 45 kg de polpa são equivalentes a 4,5 kg de fertilizante inorgânico 14-3-37 ou a 9 kg do fertilizante 7-1, 5-18, 5 (19). Outras utilizações para a polpa têm sido estudadas como propagação de leveduras (11), obtenção de pectinas (12) e outros (17).

Fatores ambientais têm sido estudados durante a compostagem de resíduos e seus problemas tecnológicos (8) e nos últimos anos, tem sido demonstrada a importância de correlação da flora microbiana natural com os demais fatores atuantes neste processo (1, 2, 5)

A temperatura exerce influência na compostagem, acelerando o processo, sendo que em certos casos a ideal é a de 45°C (5). Um fungo termofílico, *Humicola*, em temperatura controlada de 50°C, durante 42 dias, foi capaz de produzir uma quebra maior de celulose e hemicelulose que populações mistas de microrganismos (15).

O objetivo deste trabalho é estudar a decomposição da polpa de café sob temperatura controlada de 45°C, juntamente com a utilização de inóculos constituídos de microrganismos isolados da própria polpa de café

Material e métodos

A polpa de café foi obtida nos benefícios situados próximos a cidade de Guatemala, Guatemala.

Realizaram-se ensaios prévios para verificação dos inóculos mais efetivos na degradação da polpa, em tubos de 20 ml, contendo 10 g de polpa inoculada com diferentes microrganismos encontrados no resíduo, em temperatura de 45°C.

¹ Recebido para publicação em 14 de maio de 1985.

Trabalho executado no Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), Guatemala, C.A. — Auxílio do CAPES

* Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, UNESP. Caixa Postal 178. 13 500 Rio Claro, SP. Brasil

Em três frascos de 3 l foram colocados 800 g de polpa de café fresca ou prensada, contendo tampas de cortiça possuindo três orifícios: o primeiro, para entrada de ar; o segundo, para a saída de ar do frasco e o terceiro, para introduzir um termômetro, a fim de medir a temperatura da massa durante sua decomposição. Outros tratamentos foram estudados, introduzindo inóculos, na polpa fresca ou prensada, com as seguintes composições: Amostra 1, que apresentou a mistura de microrganismos obtidos da parte superior da pilha da polpa de café mantida no benefício de café durante 15 dias; Amostra 2, teve mistura de microrganismos da mesma procedência entretanto, obtidos da parte mediana da pilha; Amostra 3, compreendeu mistura de microrganismos da parte inferior da mesma pilha e amostra 4 teve a mistura das amostras 1, 2 e 3. Microrganismos isolados destas amostras também foram utilizados como inóculos: *Aspergillus* sp; *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp; *Candida utilis*, *C. tropicalis*, *Hansenula anomala*, *H. polymorpha*, *Brettanomyces* sp; *C. utilis* + *H. anomala* e *C. tropicalis* + *H. polymorpha*.

Após as inoculações, colocaram-se os frascos em câmaras de temperatura contante, mantida a 45°C e, no interior de cada frasco, introduziram-se fluxos de ar, controlados em um fluxímetro a 100 ml/minuto. Em períodos de 7 dias, com uma câmara de ar de bola de futebol, foram coletadas amostras de ar no saída de cada frasco, de onde se transferiram imediatamente para o aparelho Orsat, para determinações dos gases, gás carbônico, oxigênio e monóxido de carbono (20). Um frasco sem polpa, submetido às mesmas condições que os demais, foi considerado como controle para este experimento.

Determinou-se a composição química da polpa fresca e da prensada, verificando-se os teores de Nitrogênio total, Fósforo total, umidade, acidez total, polifenóis, sólidos totais e insolúveis (3), açúcares totais e redutores (9), cafeína (4), carbono orgânico (18) e relação C/N. Após 8, 23, 45 e 60 dias de decomposição, em todos os tratamentos, a polpa de café teve sua composição química determinada através dos teores de N total, P total, cinza umidade e pH (3), carbono orgânico (18) e relação C/N.

Resultados

Na Tabela 1 estão os constituintes da polpa de café fresca e da prensada, sendo que os teores encontrados foram calculados em peso seco do material.

Verificou-se que a polpa fresca teve pH 5,5 e a polpa prensada pH 4,5 e que os demais componentes tiveram seus teores alterados, após prensar esse subproduto do café, na prensa hidráulica.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos diferentes tratamentos da polpa de café fresca, quanto a variação de sua composição química após, 8, 23, 45 e 60 dias de decomposição a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/minuto. Observando-se os diferentes parâmetros analisados pode ser obtida baixa relação de C/N quando a polpa foi inoculada com *Rhizopus* ou com a amostra 2 e isto ocorreu aos 45 dias do processo.

Para a polpa de café prensada, Tabela 3, verifica-se que o inóculo, amostra 2, favoreceu uma relação de C/N menor aos 60 dias do processo.

Quando inoculou-se polpa prensada com leveduras não houve nenhum indicio de decomposição do material porém, utilizando-se polpa de café fresca, logo nos primeiros dias houve uma rápida alteração dos aspectos da polpa. Apresenta-se portanto apenas os resultados obtidos com a polpa fresca inoculada com leveduras, Tabela 4. Aos 15 dias de decomposição, a polpa se tornou uma massa negra e pastosa e as análises químicas foram realizadas apenas nos 15 e 30 dias de degradação.

Observou-se maior teor de N, cinza e menor umidade, carbono orgânico e relação C/N na polpa inoculada com *H. polymorpha*.

Nas Figs 1 e 2 estão os resultados obtidos da produção de CO₂ nos diferentes tratamentos utilizados. Verificou-se para a polpa inoculada com *Hansenula* uma produção alta, logo aos 7 dias de decomposição. De maneira geral, a máxima produção deste gás ocorreu entre 7 e 14 dias, somente para a polpa sem inóculo, houve outro pico máximo de produção do gás aos 42 dias.

Tabela 1 Composição química inicial da polpa de café fresca e da prensada em prensa hidráulica.

| Componentes % | Polpa de café | |
|--------------------|---------------|----------|
| | Fresca | Prensada |
| N Total | 1.98 | 1.96 |
| P Total | 1.11 | 1.08 |
| Cinza | 1.28 | 1.52 |
| Umidade | 81.55 | 75.75 |
| Açúcares totais | 22.45 | 11.49 |
| Açúcares redutores | 18.10 | 10.11 |
| Acidez total | 1.10 | 1.83 |
| Cafeína | 1.14 | 0.07 |
| Polifenóis | 2.55 | 2.96 |
| C Orgânico | 54.84 | 2.15 |
| Relação C/N | 27.69 | 28.04 |
| Sólidos insolúveis | 65.60 | 67.03 |
| Sólidos totais | 24.18 | 26.07 |

Tabela 2 Composição química da polpa de café fresca mantida a 45°C, com fluxo de ar constante durante 60 dias.

| Polpa de café fresca | Dias | pH | N Total % | P Total % | Cinza % | Umidade % | C Orgânico % | Relação C/N |
|--------------------------|------|------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-------------|
| Sem inóculo | 8 | 6.3 | 2.7 | 0.10 | 12.2 | 84.3 | 48.8 | 18.0 |
| | 23 | 8.5 | 3.0 | 0.11 | 12.3 | 86.6 | 48.7 | 16.4 |
| | 45 | 10.1 | 2.8 | 0.10 | 18.4 | 86.7 | 46.5 | 16.5 |
| | 60 | 10.1 | 2.8 | 0.10 | 18.4 | 91.0 | 46.3 | 16.5 |
| Com inóculo | | | | | | | | |
| Amostra 1 | 8 | 6.8 | 2.5 | 0.12 | 12.4 | 74.9 | 48.6 | 19.3 |
| | 23 | 9.4 | 3.2 | 0.12 | 11.7 | 80.3 | 48.6 | 15.4 |
| | 45 | 9.6 | 3.1 | 0.13 | 17.7 | 87.0 | 45.7 | 14.6 |
| | 60 | 9.8 | 3.1 | 0.12 | 17.7 | 87.0 | 45.7 | 14.6 |
| Amostra 2 | 8 | 8.0 | 2.5 | 0.11 | 12.4 | 77.4 | 49.4 | 20.0 |
| | 23 | 9.5 | 3.4 | 0.12 | 11.7 | 87.4 | 49.0 | 14.5 |
| | 45 | 10.0 | 3.4 | 0.13 | 17.7 | 85.5 | 45.5 | 13.6 |
| | 60 | 11.0 | 3.4 | 0.13 | 17.7 | 84.5 | 44.5 | 13.6 |
| Amostra 3 | 8 | 6.6 | 2.1 | 0.13 | 9.5 | 81.1 | 50.3 | 24.5 |
| | 23 | 9.5 | 3.2 | 0.14 | 11.0 | 85.9 | 49.5 | 16.4 |
| | 45 | 10.0 | 2.8 | 0.15 | 18.3 | 85.7 | 45.4 | 16.2 |
| | 60 | 10.1 | 2.8 | 0.14 | 18.3 | 85.7 | 45.4 | 16.2 |
| <i>Aspergillus niger</i> | 8 | 7.0 | 2.8 | 0.12 | 17.8 | 86.4 | 45.7 | 16.3 |
| | 23 | 7.4 | 2.9 | 0.13 | 18.7 | 87.8 | 45.2 | 15.6 |
| | 45 | 8.9 | 2.9 | 0.13 | 19.2 | 89.9 | 44.9 | 15.5 |
| | 60 | 8.9 | 3.0 | 0.13 | 19.4 | 90.0 | 44.8 | 14.9 |
| <i>Rhizopus</i> | 8 | 8.0 | 2.9 | 0.13 | 20.1 | 86.4 | 44.4 | 15.3 |
| | 23 | 8.2 | 3.0 | 0.14 | 20.3 | 89.3 | 44.3 | 14.8 |
| | 45 | 8.4 | 3.4 | 0.13 | 20.3 | 89.4 | 44.3 | 13.0 |
| | 60 | 8.7 | 3.4 | 0.12 | 20.6 | 90.0 | 44.1 | 13.0 |
| <i>Aspergillus sp</i> | 8 | 9.4 | 2.6 | 0.13 | 12.3 | 81.1 | 48.7 | 18.7 |
| | 23 | 9.7 | 3.1 | 0.13 | 10.0 | 85.9 | 50.0 | 16.1 |
| | 45 | 10.0 | 2.8 | 0.13 | 15.6 | 85.9 | 46.7 | 16.6 |
| | 60 | 10.0 | 2.8 | 0.14 | 15.6 | 85.9 | 46.7 | 16.6 |

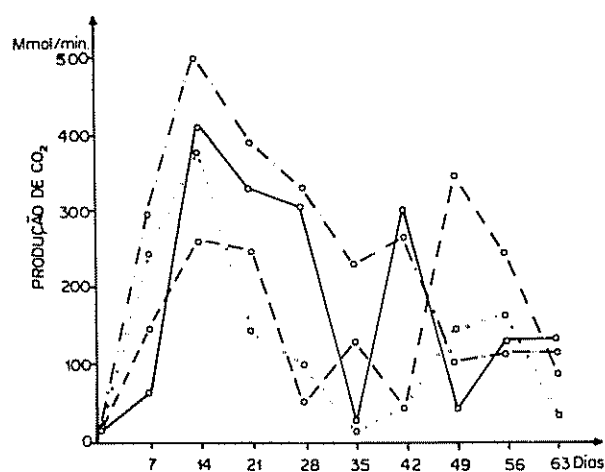


Fig. 1. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca; --- Prensada; - - - Fresca + Amostra 1 e Fresca + *Rhizopus* e . . . Prensada + Amostra 1 e Prensada + *Rhizopus*.

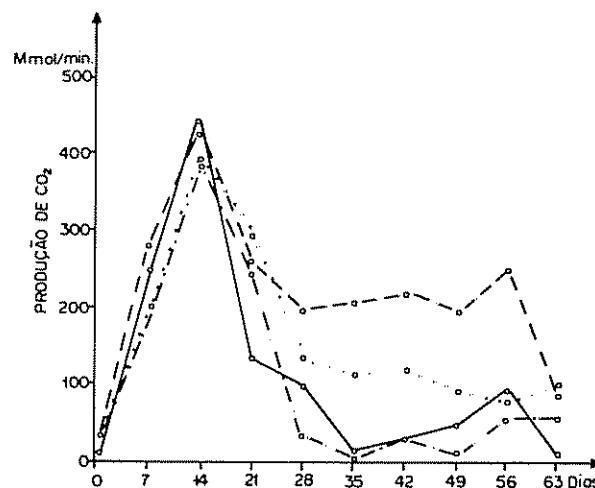


Fig. 2. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca + Amostra 2; --- Prensada + Amostra 2; - - - Prensada + Hansenula e Prensada + Amostra 3 e . . . Fresca + Amostra 3 e Fresca + Hansenula.

Tabela 3 Composição química da polpa de café prensada, mantida a 45°C, com fluxo de ar constante durante 60 dias.

| Polpa de café prensada | Dias | pH | N Total % | P Total % | Cinza % | Umidade % | C Orgânico % | Relação C/N |
|--------------------------|------|------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-------------|
| Sem inóculo | 8 | 5.8 | 2.6 | 0.09 | 10.9 | 78.3 | 49.5 | 19.4 |
| | 23 | 8.8 | 2.8 | 0.10 | 11.5 | 80.5 | 49.2 | 17.3 |
| | 45 | 9.4 | 3.0 | 0.11 | 18.2 | 85.3 | 46.6 | 15.7 |
| | 60 | 9.8 | 3.0 | 0.10 | 18.2 | 84.0 | 45.5 | 15.1 |
| Com inóculo | | | | | | | | |
| Amostra 1 | 8 | 6.8 | 2.5 | 0.11 | 12.5 | 74.9 | 48.6 | 19.3 |
| | 23 | 9.4 | 3.2 | 0.11 | 11.7 | 80.3 | 49.0 | 15.4 |
| | 45 | 9.5 | 3.2 | 0.11 | 15.0 | 82.0 | 47.2 | 14.8 |
| | 60 | 9.8 | 3.1 | 0.12 | 17.7 | 87.1 | 45.7 | 14.6 |
| Amostra 2 | 8 | 8.0 | 2.5 | 0.10 | 11.1 | 77.4 | 49.4 | 20.0 |
| | 23 | 9.5 | 3.4 | 0.11 | 11.8 | 87.4 | 49.0 | 14.5 |
| | 45 | 9.7 | 3.4 | 0.11 | 12.0 | 86.0 | 48.9 | 14.4 |
| | 60 | 10.2 | 3.4 | 0.11 | 18.0 | 85.6 | 45.6 | 13.6 |
| Amostra 3 | 8 | 6.6 | 2.1 | 0.12 | 9.5 | 86.0 | 50.2 | 24.5 |
| | 23 | 9.5 | 3.2 | 0.12 | 11.0 | 85.9 | 49.5 | 15.5 |
| | 45 | 9.7 | 3.0 | 0.14 | 15.0 | 85.7 | 47.2 | 15.7 |
| | 60 | 10.2 | 3.0 | 0.14 | 18.3 | 85.7 | 45.4 | 15.1 |
| <i>Aspergillus niger</i> | 8 | 7.1 | 2.6 | 0.11 | 14.2 | 82.8 | 47.7 | 18.3 |
| | 23 | 7.6 | 2.7 | 0.12 | 14.5 | 84.3 | 47.5 | 17.6 |
| | 45 | 8.8 | 3.0 | 0.13 | 14.9 | 87.7 | 47.2 | 15.7 |
| | 60 | 8.9 | 3.1 | 0.13 | 14.3 | 89.7 | 47.0 | 15.2 |
| <i>Rhizopus</i> | 8 | 8.3 | 2.8 | 0.12 | 15.7 | 81.3 | 46.8 | 16.7 |
| | 23 | 8.5 | 2.8 | 0.13 | 15.7 | 82.7 | 46.8 | 16.7 |
| | 45 | 8.7 | 3.1 | 0.13 | 16.0 | 84.6 | 46.7 | 15.1 |
| | 60 | 8.8 | 3.3 | 0.12 | 16.2 | 85.5 | 46.6 | 14.1 |
| <i>Aspergillus sp.</i> | 8 | 9.4 | 2.6 | 0.12 | 12.3 | 80.9 | 48.7 | 19.8 |
| | 23 | 9.7 | 3.1 | 0.12 | 10.0 | 83.8 | 50.0 | 13.6 |
| | 45 | 9.8 | 3.0 | 0.12 | 14.0 | 82.0 | 47.8 | 15.9 |
| | 60 | 10.0 | 3.0 | 0.13 | 15.6 | 82.4 | 46.9 | 15.6 |

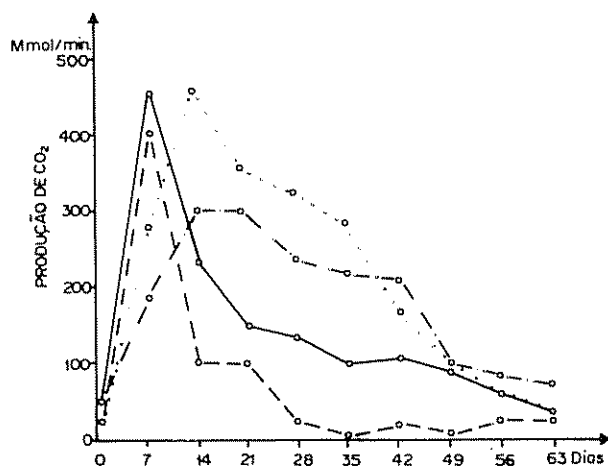


Fig. 3. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca + *Aspergillus sp.*; --- Prensada + *Aspergillus sp.*; . Fresca + *Aspergillus niger* e — Prensada + *Aspergillus niger*

Utilizando-se leveduras como inóculos, ocorreu alta produção de CO₂, permanecendo para alguns tratamentos por maior período de dias, Figs 3 e 4

Discussão

Na literatura alguns resultados apresentados demonstram que a comunidade microbiana é sempre mais eficiente que uma população, na decomposição de resíduos (15, 16); esta afirmação nem sempre é observada nos resultados aqui apresentados, Tabela 1. O inóculo contendo *Rhizopus* reduziu a relação C/N da polpa fresca de 27,69 para 13,0 após 45 dias de decomposição sendo que inóculo contendo amostra 2, isto é, mistura de microrganismos, neste mesmo tempo, reduziu esta relação para 13,6. Porém, para a polpa prensada o inóculo mais efetivo foi a amostra 2, reduzindo a relação C/N inicial de 28,04 para 13,6 após 60 dias, Tabela 3.

Tabela 4 Composição química da polpa de café fresca e perda do peso total do resíduo durante sua decomposição realizada a 45°C e com fluxo de ar contínuo.

| Inóculo | Dias | pH | N Total % | P Total % | Cinza % | Umidade % | C Orgânico % | Relação C/N | Perda de peso % |
|---|------|-----|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <i>H. anomala</i> | 15 | 9.0 | 3.5 | 0.1 | 14.1 | 75.6 | 47.7 | 13.6 | 12.1 |
| | 30 | 9.1 | 3.5 | 0.1 | 14.0 | 72.0 | 47.0 | 13.5 | 16.0 |
| <i>C. utilis</i> | 15 | 9.2 | 4.0 | 0.1 | 16.7 | 68.4 | 45.3 | 11.3 | 25.1 |
| | 30 | 9.3 | 4.0 | 0.1 | 16.0 | 66.0 | 45.0 | 11.3 | 24.0 |
| <i>C. utilis</i> + <i>H. anomala</i> | 15 | 9.0 | 4.2 | 0.1 | 18.2 | 80.3 | 45.4 | 10.8 | 44.0 |
| | 30 | 9.3 | 4.3 | 0.1 | 18.7 | 72.0 | 45.3 | 10.8 | 45.0 |
| <i>H. polymorpha</i> | 15 | 9.4 | 4.4 | 0.2 | 19.2 | 69.4 | 44.9 | 10.2 | 45.6 |
| | 30 | 9.5 | 4.4 | 0.1 | 20.0 | 60.0 | 44.0 | 10.2 | 47.0 |
| <i>H. tropicalis</i> | 15 | 9.4 | 3.8 | 0.1 | 18.2 | 81.6 | 54.4 | 12.1 | 18.7 |
| | 30 | 9.6 | 3.8 | 0.2 | 18.7 | 80.0 | 45.2 | 11.8 | 20.0 |
| <i>Brettanomyces</i> sp. | 15 | 9.3 | 3.7 | 0.2 | 16.6 | 74.9 | 46.3 | 12.5 | 15.3 |
| | 30 | 9.6 | 3.8 | 0.2 | 18.0 | 73.0 | 45.6 | 12.0 | 20.0 |
| <i>H. polymorpha</i> + <i>C. tropicalis</i> | 15 | 8.9 | 3.4 | 0.1 | 18.7 | 81.0 | 45.2 | 13.3 | 8.6 |
| | 30 | 9.2 | 3.5 | 0.1 | 19.0 | 80.0 | 45.0 | 13.0 | 15.0 |
| Amostra 4 | 15 | 9.1 | 3.9 | 0.2 | 18.9 | 77.6 | 45.1 | 11.6 | 30.8 |
| | 30 | 9.4 | 4.4 | 0.2 | 21.0 | 70.0 | 50.6 | 11.5 | 35.0 |

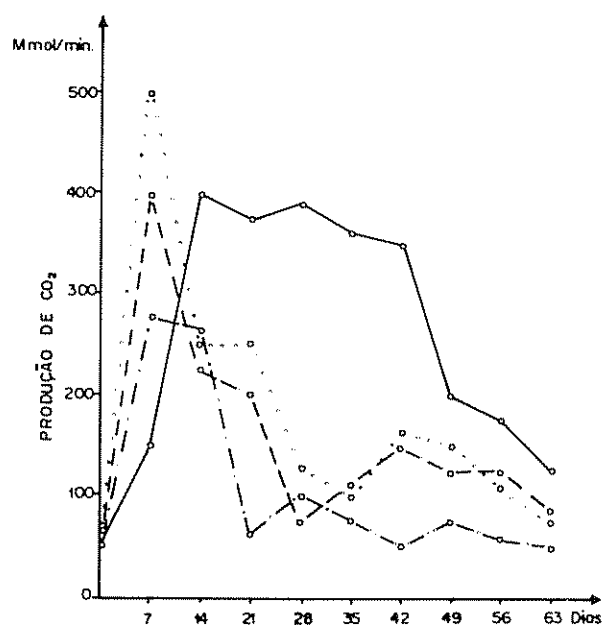


Fig. 4. Produção de CO₂ em polpa de café fresca, a 45°C, com fluxo de ar contínuo e com diferentes inóculos. LEGENDA: — *H. anomala*; --- *C. utilis*; - - - *H. anomala* + *C. utilis* e . . . *H. polymorpha*

Verifica-se portanto uma decomposição mais lenta e para a polpa prensada outros fatores como produção de CO₂, Figs 1 e 2 e relação de CO₂/O₂ produzido indicaram uma atividade mais intensa após 40 dias de decomposição, portanto mais tarde que para polpa fresca

Pode ser explicado este fato, talvez pela alteração da composição da polpa ao prensá-la, Tabela 1 e pelo menor número de microrganismos encontrados neste subproduto do café após seu prensamento

Verifica-se nos resultados que a utilização de inóculos acelera o processo de decomposição, entretanto seu uso na compostagem tem sido motivo de grande controvérsia (14). Na realidade, o inóculo poderá ser útil quando os organismos selvagens não possuem grande habilidade em degradar o resíduo; neste caso, a polpa de café poderá servir de exemplo. Geralmente os resíduos vegetais necessitam de inóculos, ao contrário dos resíduos sólidos urbanos (5).

A degradação da polpa prensada de modo geral foi igual ou menor que a polpa fresca, num mesmo período do processo e com o mesmo inóculo, porém na primeira pode ser observado um odor de terra úmida e na segunda um odor típico de matéria orgânica em

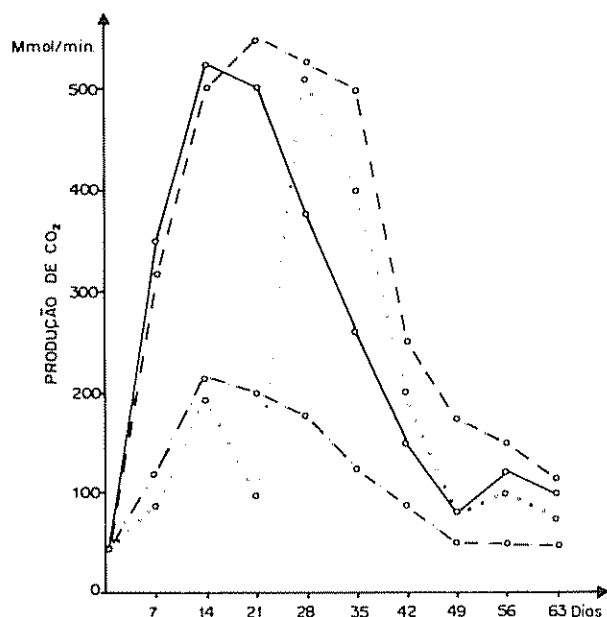


Fig 5 Produção de CO_2 em polpa de café fresca, a 45°C , com fluxo de ar contínuo e com diferentes inóculos. LEGENDA: — *C tropicalis* --- *Bretanomyces* sp; - - *C tropicalis* + *H polymorpha* e Amostra 4

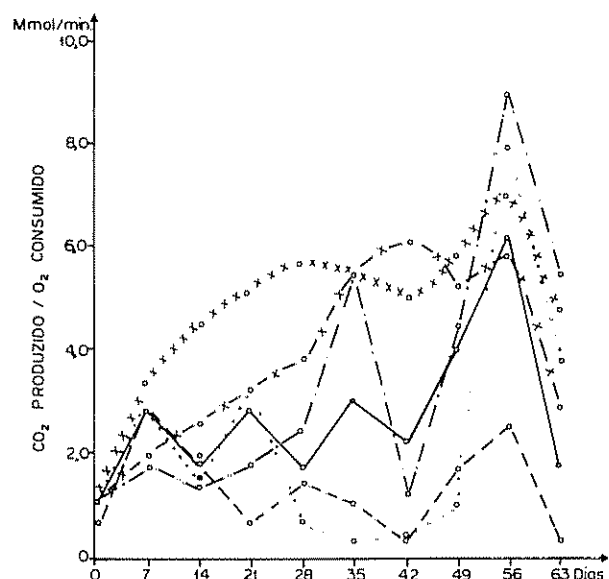


Fig 7 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca + Amostra 2; --- Prensada + Amostra 2; - - Fresca + Amostra 3; . Prensada + Amostra 3; xxx Fresca + *Rhizopus* e -x- Prensada + *Rhizopus*.

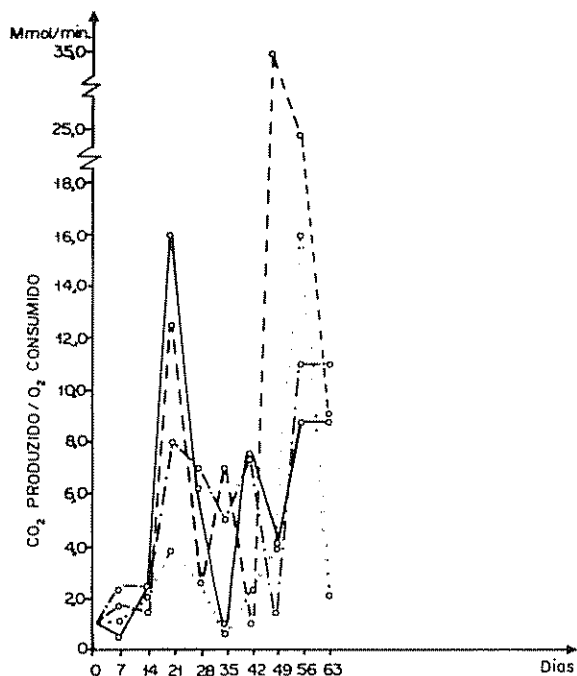


Fig 6 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café, mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca; --- Prensada; - - Fresca + Amostra 1 e . Prensada + Amostra 1.

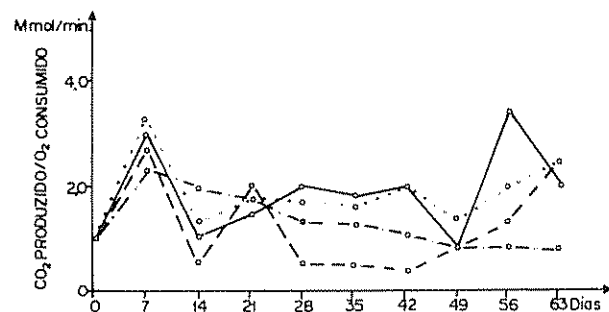


Fig 8 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca + *Aspergillus* sp; --- Prensada + *Aspergillus* sp; - - Fresca + *Aspergillus niger* e . Prensada + *Aspergillus niger*.

decomposição. Na literatura este fato é atribuído à ocorrência de actinomicetos termofílicos (14) e pode ser também atribuído a uma baixa difusão de oxigênio na polpa fresca devido a uma maior compactação do material que está sendo decomposto.

Outra diferença observada foi quando se introduziu inóculos contendo leveduras; na polpa fresca houve uma resposta mais rápida observando-se uma forte produção de gases, uma alteração rápida da polpa e redução alta de volume, Tabela 4, enquanto que para a polpa fresca este fato não foi observado e por

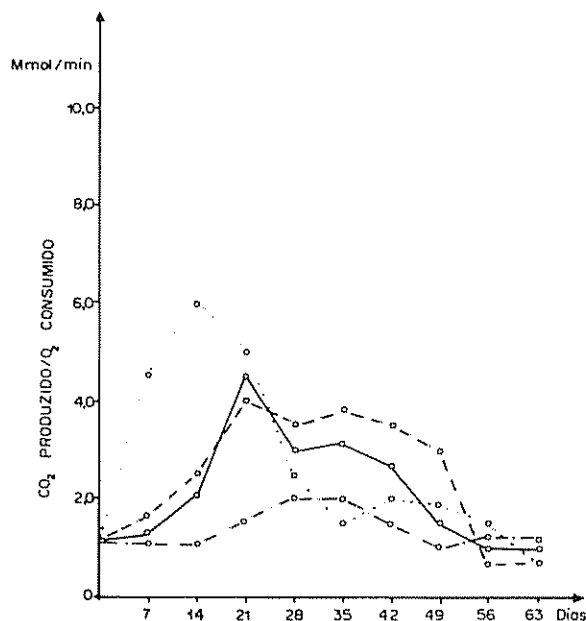


Fig 9 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café fresca mantida a 45°C , com fluxo de ar constante e com diferentes inóculos LEGENDA: — *H. anomala*; - - - *C. utilis*; . . . *H. anomala + C. utilis* e . . . *H. polymorpha*

isso dixamos de apresentar os resultados, por não achá-los indicadores de uma decomposição real do resíduo

Nos ensaios realizados com fluxo de ar constante, 100 ml/minuto, todavia, torna-se difícil definir a quantidade correta de ar que deverá ser introduzida no processo já em escala industrial, para melhorar as condições de decomposição do resíduo. O excesso de aeração poderá impedir um aumento de temperatura, não possibilitando a realização de uma compostagem eficiente, com produção de um produto estável, uma vez que compostos contendo celulose e lignina são degradados acima de 60°C (14).

A produção de CO_2 na polpa de café variou de acordo com a natureza do inóculo utilizado. Geralmente, o máximo de produção de CO_2 ocorreu aos 14 dias do processo realizado com polpa fresca. Na polpa prensada, a máxima produção de CO_2 ocorreu somente após 49 dias do início do experimento, Figs. 1 e 2.

Alguns autores (4, 15, 16, 17) admitiram a possibilidade calcular a relação de CO_2 produzido com o O_2 consumido. Ao verificar esta relação com os resultados aqui obtidos, observa-se maior relação nos frascos contendo inóculos constituídos de leveduras, demonstrando maior atividade destas no início do processo, em relação aos demais inóculos.

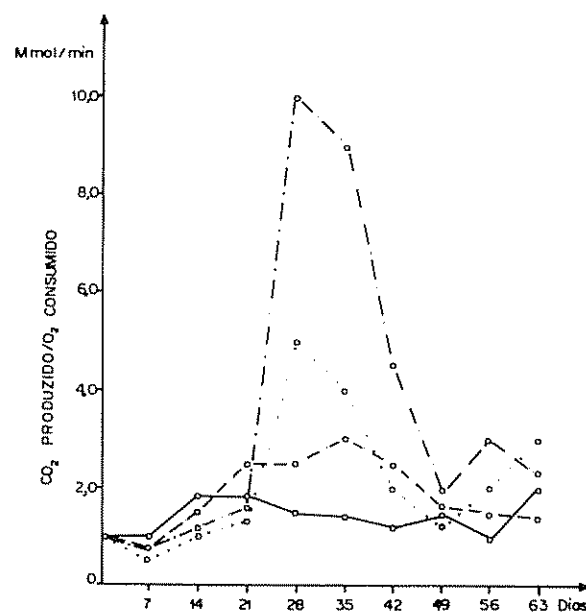


Fig 10 Relação do CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café fresca, mantida a 45°C , com fluxo de ar constante e com diferentes inóculos LEGENDA: — *C. tropicalis*, - - - *Brettanomyces* sp; . . . *C. tropicalis + H. polymorpha* e . . . Amostra 4

Considera-se entretanto, que essas determinações, realizadas em laboratório, nem sempre podem ser extrapoladas para as condições reais de campo, contudo, forneceram dados que permitiram selecionar o tipo de material a ser introduzido à polpa.

Finalmente, o processo de decomposição da polpa de café realizado a 45°C , demonstrou que a utilização de inóculo acelerou o processo e as leveduras foram mais hábeis em menor tempo que os fungos filamentosos e culturas mistas, nas condições aqui estabelecidas. Entretanto, comparando-se esses resultados com aqueles obtidos paralelamente verificou-se ainda que a compostagem da polpa de café foi mais rápida e efetiva quando utilizou-se um processo aeróbico, onde introduziu-se inóculo contendo *Trichoderma viride* e pedra-pomes para aumentar a aeração da massa do resíduo, processo realizado em temperatura ambiente.

A utilização de 45°C como temperatura utilizada para realizar a decomposição da polpa foi decorrente dos resultados obtidos na compostagem de bagaço de cana-de-açúcar, onde esta temperatura foi mais efetiva na realização do processo (13). Como para a polpa de café o tempo de decomposição não foi acelerado a níveis menores, comparando-se com os resultados acima citados, não se justificaria a utilização da temperatura de 45°C , que deverá ser mantida constante por muitos dias, acarretando em grande gasto de energia, o que tornaria o processo muito dispendioso.

Como o fator umidade é importante nesse processo quando utiliza-se inóculo contendo levedura (6), talvez este seja um dos motivos dos resultados aqui obtidos, uma vez que ao prensar a polpa houve uma redução no seu teor em água Tabela 1

Entretanto, o uso da polpa fresca ou da prensada dependerá da tecnologia disponível, de uma análise econômica e dos objetivos traçados pela indústria de café.

Resumo

A procedência da polpa de café foi dos benefícios situados próximos a cidade da Guatemala Guatemala. Fatores ambientais que atuam durante a compostagem desse resíduo, realizada a 45°C, foram estudados, pretendendo-se alcançar a otimização dos mesmos. Foi estudada a utilização de inóculos para acelerar o processo, sendo aqueles constituídos de microrganismos isolados da própria polpa de café, mantida em pilhas durante 15 dias, nos pátios dos benefícios. Os parâmetros analisados para verificar a decomposição do resíduo foram: teores de N total, P total, cinza, umidade, C orgânico e relação C/N. Foi determinada a atividade da polpa pela produção de CO₂ e a relação de CO₂ produzido/O₂ consumido. Dentre os inóculos utilizados o mais efetivo para polpa fresca foi *Hansenula polymorpha* e para a polpa prensada, o inóculo constituído de mistura de microrganismos obtidos da própria polpa. Entretanto a decomposição da polpa fresca foi mais rápida que a polpa prensada.

Literatura citada

1. ABD EL MALEK, V. *et al* 1978. Chemical and microbiological changes in some crop residues undergoing composting. 38. Microbial Changes. AIN Shams University Cairo, Egypt, 847 p 17.
2. ALBONETTI, S.G.; MASSARI, G. 1979. Microbiological aspect of a municipal waste composting system. *Europ Journal Appl Microbiology and Biotechnology* 7:91-95.
3. A.O.A.C. 1970. Official Method of Analysis. Ed. Association of Official Analytical Chemists. 10 ed. W.F. Horwitz. Washington, D.C.:223, 334-9 e 495.
4. ARRIOLA, N. 1972. Determinación espectrofotométrica de cafeína en café soluble. Tesis (M.S.) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 46 p.
5. BAGSTAN, G. 1978. Population changes in microorganisms during composting of spruce-bark 1. Influence of temperature control. *European Journal Appl. Microbiology Biotechnology* 5:315-330.
6. BARA, M. *et al* 1970. Determinación del nivel adecuado de la pulpa de café en la ración de novillos. *Boletín Informativo Salvadoreño de Investigación del Café* (92):1-8.
7. BRESSANI, R. 1974. Composición química de los subproductos del café. In Reunión Internacional sobre la utilización de subproductos agrícolas e industriales. la Turrialba, Costa Rica, Informe Final - C.R. IICA 13 p.
8. BRESSANI, R. 1977. Antiphysiological factors in coffee pulp. In Pulpa del café - Composición Tecnología y Utilización. International Development Research Center, Canadá 143-153.
9. BROWNE, C.A.; ZERBAN, F.W. 1941. Physical and chemical methods of sugar analysis. 3. John Wiley & Sons, New York: 60 p.
10. CABEZAS, M.T. *et al* 1979. Use of coffee pulp in ruminant feeding. In Coffee Pulp. International Development Research Center. Ottawa, Canadá. 25-38.
11. CALLE, V.H. 1951. Propagación de levaduras alimenticias en la pulpa y mucilago del café. *Revista Cafetera de Colombia* 10:3730-3732.
12. CLEVES, R. 1974. Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucilago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificados Proyecto 1 Sub-proyecto 5 Oficina del Café, San José, Costa Rica 10 p.
13. FILIP, Z. 1978. Effect of solid particles on the growth and endurance to heat stress of garbage compost microorganisms. *Europ Journal Appl Microbiology and Biotechnology* 6:87-94.
14. GOLUEKE, C.G. 1979. Composting in biological reclamation of solid wastes. Rodale Press, P.A. p. 1 161.

15. GRAY, K.R. *et al.* 1971. A review of composting Part I Microbiology. In *Biochemical Process*. Academic Press, N.Y. p. 32-36.
16. GRAY, K.R. *et al.* 1972. Review of composting. Part II The practical process. In *Biochemical Process*. Academic Press, N.Y. 22-28
17. HORTON, R.K. *et al.* 1946. Estudio sobre el tratamiento de los desechos de los beneficios de café. *Café de El Salvador*, 16:971-986
18. MEBIUS, L.J. 1960. A rapid method for the determination of organic carbon in soil. *Analytical Chemistry Acta*, 22:120-124
19. MENCHU, J.F. 1978. El aprovechamiento de los subproductos del beneficio húmedo del café. In *VI Congresso Brasileiro de Café Resumos*. Ribeirão Preto, SP. 77 p.
20. ORSAT, O. 1978. Determinación del dióxido del carbono. *Catálogo ICATI*. 20 p.
21. PAZ, A.M. 1974. Modern method for decomposition of coffee pulp and uses of coffee pulp. *Suplemento Bibliográfico de Turrialba*, 4: 27 p.

Reseña de libros

COCHRAN R., T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G. de, PORRAS, J.A., y GARVER, C.L. 1985. *Land in Tropical America* (Vols 1, 2 y 3) Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária de Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Planaltina, D.F., Brasil. I. 146 p, II 36 mapas, III 147 p

Los estudios regionales, aunque necesarios, son escasos debido a su elevado costo, así como a la dificultad técnica de homogenizar y aceptar un solo sistema que satisfaga por entero a los interesados en dicho estudio.

Después del esfuerzo realizado por la FAO/UNESCO, el presente es el primer trabajo regional sobre tierras de la América Latina, realizado en dos instituciones reconocidas internacionalmente por su contribución en este campo (CIAT y EMBRAPA-CPAC), el cual fue conducido por T.T. Cochrane.

El trabajo se publica en dos volúmenes; el Volumen 1 (146 páginas) resume los objetivos del proyecto e incluye la metodología y el procedimiento de trabajo en nueve capítulos. El Volumen 2 incluye 36 mapas a escala 1:1 000 000, con la clasificación de las tierras de los 820 millones de hectáreas inventareadas;

además a manera de resumen se adjunta un mapa a colores escala 1:5 000 000. Por último, en el Volumen 3 (147 páginas) se presenta en forma de cuadros computarizados la información específica de cada sistema de tierras.

El trabajo, publicado en 1985, incluye la recopilación y el almacenamiento de datos de las tierras bajas de la América Latina que drenan en el Océano Atlántico de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, esfuerzo realizado durante 1977-1981 y de acuerdo a la metodología descrita en el Volumen I.

El estudio se realiza siguiendo una modificación del sistema de clasificación de tierras de Christian y Stewart en Australia y por misma vez empleado en México en la América Latina. Los autores, además de utilizar la información ya existente, analizaron imágenes de satélite y de radar para delimitar los sistemas y las facetas del terreno.

Debido a la poca concordancia entre los mapas climáticos en existencia con la distribución de la vegetación y/o el potencial agrícola de la región, realizado por los sistemas de Holdridge, Köppen y Thornthwaite, se optó por redefinir los parámetros climáticos empleados. Se recopiló la información de aproximadamente 4 000 estaciones con más de 20 años de registro, la cual fue procesada por Hancock y colaboradores en la Universidad del Estado de Utah, separándose las regiones en función de la evapotranspiración durante la estación lluviosa (WSPE), el número de meses húmedos con un MAI mayor a 0.33% y la

temperatura media de los meses más húmedos (USMT) De esta manera se definió el bosque tropical lluvioso, el bosque estacional semi-siempreverde, la sabana isohipertérmica, la sabana isotérmica, el bosque (semi) deceduo, la vegetación subtropical y otros tipos de vegetación.

Los diferentes paisajes o regiones fisiográficas se discuten en términos geológicos, hidrológicos, fisiográficos, topográficos y de vegetación. Geológicamente la zona está dominada por los escudos brasileños y guayanes, con amplias zonas cubiertas por materiales aluviales erodados de la cadena montañosa de los Andes, siendo dividida por los ríos Orinoco, Amazonas y Paraná. Así las regiones fisiográficas más importantes corresponden a la Cuenca Amazónica, el Escudo Brasileño, el Codo de los Andes, el Pie de Monte Andino, el Escudo Guyanés, las Pampas de Mojos, la Cuenca del Orinoco, el Pantanal y la Cuenca del Paraná. La región incluye 170 millones de hectáreas mal drenadas y 649 millones de hectáreas bien drenadas.

De acuerdo a este estudio los Oxisoles ocupan el 40% del área, los Ultisoles el 25.9%, los Entisoles el 20.0%, los Alfisoles el 7.0%, los Inceptisoles el 6.4%, con pequeñas áreas de Espodosoles, Mollisoles, Aridisoles, Vertisoles e Histosoles. Se concluye que tan solo el 5% de la región tiene un alto contenido de bases siendo limitantes serias la toxicidad de aluminio, la deficiencia del fósforo, la baja capacidad de intercambio catiónico y las deficiencias generalizadas del nitrógeno, potasio, azufre, calcio y magnesio. En algunos suelos se presentan toxicidades de manganeso e hierro, mientras que los elementos menores a menudo deficientes son boro, zinc y cobre y en Brasil el molibdeno.

Dado que el 75% de la región sufre de lavado de nutrientes, se presenta una discusión de este fenómeno en función de la cobertura vegetal. Así, en las sabanas isohitéricas (83.8 millones de hectáreas), las principales limitantes son el exceso de Al, la deficiencia de

K, Ca, Mg, y P, el déficit de humedad y la textura arenosa. La sabana isotérmica (34.4 millones de hectáreas) presenta problemas similares pero menor toxicidad de aluminio y mayor contenido de magnesio. Los bosques estacional semi-deciduo (238 millones de hectáreas) tienen problemas similares pero menor fijación del fósforo. Las pérdidas, particularmente de nitrógeno, son mayores en las sabanas degradadas con un sistema radical pobre perdiéndose menos nutrientes en los bosques debido a que: 1) no hay muerte de raíces en la estación seca como sucede en los forrajes; 2) las lluvias, en particular las ligeras, son absorbidas por el follaje de los árboles y 3) con la excepción de bosque semi-deciduo, la época seca no es tan severa en los bosques, por lo que no hay una acumulación de nitratos en el piso del suelo. Por estas razones, la biomasa del bosque tiene un acúmulo de nutrientes que no tiene la sabana, requiriéndose un manejo de suelo diferente, ya sea que se inicia una explotación a partir del bosque o de la sabana.

En esta obra se presentan en escala generalizada todas las características físicas que afectan el manejo de las tierras de la mayoría de las zonas tropicales bajas de la América del Sur. En este sentido, el documento es mucho más importante que su predecesor de la FAO/UNESCO, el cual además de considerar principalmente los suelos no incluye la información generada en los últimos 10 años, desde su aparición. Cochrane y colaborador resumen bien el conocimiento actual de esta región, principalmente para fines de planificación global; aún queda el enorme vacío del detalle necesario para la planificación a nivel local. Por su claridad, el texto es de mucho valor en la enseñanza de los suelos, el clima y la geografía regional de la América del Sur, en especial si algún día llega a traducirse al español.

ALFREDO ALVARADO
ASESOR PROYECTO IBTA/CHAPARE
COCHABAMBA, BOLIVIA