

VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM SOLO TRATADO COM VINHAÇA

ENGLER JOSÉ VIDIGAL LOBATO

Orientador: PAULO LEONEL LIBARDI

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração : Agrometeorologia

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro, 1984

Aos meus *pais* e *irmãos*,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os mais sinceros agradecimentos:

- ao *Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi*, pela orientação e dedicação no desenvolvimento do presente trabalho, além da amizade e colaboração durante todo o curso;
- ao *Dr. Otávio A. de Camargo*, da Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo de Campinas, SP, pelas sugestões, colaboração e amizade;
- ao *Prof. Dr. Virgílio Franco do Nascimento Filho*, pelos ensinamentos, colaboração e amizade;
- aos *Professores Luiz Roberto Angelocci, Epaminondas Sansigolo de Barros Ferraz, Nilson Augusto Villa Nova, José Carlos Ometto, Klaus Reichardt e Afonso Decico*, do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pelos ensinamentos e contribuição para minha formação profissional;
- ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq* - pela bolsa de estudos;
- ao *Convênio Instituto Agrônomo/Secretaria de Tecnologia Industrial - MIC* - pelas análises de solo realizadas;
- ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP)*, pelas facilidades oferecidas;
- aos *colegas Arno Bernardo Heldein, Ana Maria de Paula Gonzales, Antonio José Parente de Carvalho, Hugo José Braga* e demais colegas do Curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia;

- aos colegas *Sérgio Oliveira Moraes, Paula Pinheiro Padovese, Raimundo Leite Cruz, Antonio Carlos Saraiva da Costa, Paulo José Hamakawa*, e aos funcionários *José Ademir Rodrigues, Daciano Stenico e João Eduardo Pilotto*, da Seção de Física de Solos do CENA/USP, pela amizade e colaboração;
- às funcionárias *Áurea Benedita Michelotto e Ana Maia da Silva*, do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela amizade e colaboração;
- ao amigo *João Jurandir Isaque*, pelo auxílio na coleta de dados do presente trabalho, extensivos também à sua família, pela boa acolhida;
- à *União Espírita de Piracicaba*, na pessoa do *Dr. Walter Radamés Accorsi*, pelos momentos de apoio, paz e tranquilidade proporcionados.

Agradecemos, ainda, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Considerações gerais sobre a vinhaça	4
2.2. A vinhaça como fertilizante	6
2.3. Dinâmica da vinhaça nos solos	11
2.4. Efeitos da aplicação de resíduos orgânicos nas propriedades físicas de um solo	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização do solo	16
3.2. Composição da vinhaça	16
3.3. Preparação das amostras de solo e seu acondicionamento em colunas	18
3.4. Procedimento experimental para determinação da condutividade hidráulica saturada, pelo método do permeâmetro de carga constante	19
3.5. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo	22
3.6. Determinação da umidade do solo pelo método da atenuação da radiação gama	22
3.7. Procedimento experimental para determinação da condutividade hidráulica pelo método de LIBARDI <i>et alii</i> (1980) sob condições de laboratório	27
4. RESULTADOS	31
4.1. Infiltração vertical para os diversos tratamentos	31
4.2. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo	60
4.3. Caracterização da função $K(\theta)$ em coluna de solo tratada com água e com vinhaça, na dosagem de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$..	66

4.4. Dinâmica do íon potássio em solos tratados com vinhaça, sob diversas dosagens	77
5. DISCUSSÃO	82
5.1. Infiltração vertical para os diversos tratamentos	82
5.2. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo	85
5.3. Caracterização da função $K(\theta)$ em coluna de solo tratada com água e vinhaça na dosagem de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$	85
5.4. Dinâmica do íon potássio em solos tratados com vinhaça, sob diversas dosagens	87
6. CONCLUSÕES	89
7. LITERATURA CITADA	91
8. APÊNDICE	99

VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
DE UM SOLO TRATADO COM VINHAÇA

Engler José Vidigal Lobato

Paulo Leonel Libardi
Orientador

RESUMO

O presente trabalho foi realizado no CENA / USP, Piracicaba, SP, com a finalidade de se obter informações relativas aos efeitos da aplicação de vinhaça (sob dosagens de 100, 200, 400, 600, 800 e 1.000 m³ de vinhaça/ha) na condutividade hidráulica saturada e não saturada de um Latossolo Roxo distrófico. Empregou-se, para tanto, o permeâmetro de carga constante, para a avaliação da condutividade hidráulica saturada, e na caracterização da condutividade em função da umidade, para solo tratado com vinhaça na dosagem de 1.000 m³/ha, utilizou-se o método de LIBARDI et alii (1980) (Soil Sci. Soc. Am. Proc. 44:3-7) sob condições de laboratório. Foram também enfatizados alguns aspectos relativos à dinâmica e distribuição do ion potássio, presente na vinhaça, quando aplicada ao solo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que solos tratados com vinhaça, em um prazo de 24 horas após a sua aplicação, apresentaram os valores da condutividade hidráulica saturada alterados. Com o incremento das dosagens de vinhaça, ocorreu um decréscimo gradativo da condutividade hidráulica saturada e de forma mais pronunciada a partir das dosagens acima de 500 m³/ha.

A aplicação do método de LIBARDI et alii (1980), sob condições de laboratório, na caracterização da condutividade hidráulica não saturada se fez de maneira satisfatória, havendo plena concordância dos valores da condutividade hidráulica saturada obtidos pelo referido método, com os obtidos experimentalmente pela utilização do permeâmetro de carga constante. Foi observado também que não houve diferença representativa entre os valores obtidos da condutividade hidráulica não saturada entre os tratamentos com água e vinhaça.

Com o incremento das dosagens de vinhaça, como era de se esperar, houve aumento do teor de potássio (K⁺) tratável nas camadas superficiais; e para um valor médio de profundidade de 25 cm, não há translocação do mesmo, apesar da variação da umidade volumétrica ainda ser significativa.

HYDRAULIC CONDUCTIVITY VARIATION OF
A SOIL TREATED WITH VINASSE

Engler José Vidigal Lobato

Paulo Leonel Libardi
Adviser

SUMMARY

This work was carried out at the Center for Nuclear Energy in Agriculture (CENA), Piracicaba - SP, Brazil, with the objective of obtaining informations about the effects of different application levels of vinasse (100, 200, 400, 600, 800 and 1.000 m³·ha⁻¹) on the soil hydraulic conductivity. For this, a constant head permeater and the LIBARDI et alii (1980) method (Soil Sci. Soc. Am. Proc. 44:3-7) were utilized to determine saturated and unsaturated soil hydraulic conductivity, respectively. Some aspects related to vinasse - K⁺ dynamics in the soil profile were also studied.

It can be concluded that soil samples treated with vinasse showed changed saturated hydraulic conductivity values in relation to

those that received no treatment. The increase of the vinasse application level caused a gradual decrease in the saturated hydraulic conductivity, but, from levels higher than $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, the decrease was steeper.

LIBARDI et alii (1980) method to determine the hydraulic conductivity function was very well adapted under the experiment conditions, and there was good agreement between saturated hydraulic conductivity values determined by constant head permeater and this method. There was no representative difference in the unsaturated reil hydraulic conductivity values between soil samples that received and soil samples that did not receive vinasse treatment.

The increase of vinasse levels caused, as would be expected, increase in K^+ concentration in the surface layers of soil and for a depth mean value of 25 cm, there was no K^+ translocation everythough the soil moisture variation was representative.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da vinhaça como fertilizante constitui atualmente, em uma alternativa técnica e economicamente viável.

Esta alternativa de utilização constitui-se cada vez mais numa prática recomendável, não só considerando os efeitos positivos que podem advir da sua aplicação aos solos, como da economia de fertilizantes que pode proporcionar. No que se refere ao aumento de produção de culturas agrícolas, as maiores referências são para a cultura de cana-de-açúcar, como pode ser observado através de trabalhos publicados pelas diversas instituições de ensino e pesquisa agrônômica, bem como pelas usinas de açúcar e destilarias de álcool do país.

Experimentos de campo, nas mais variadas regiões e para diferentes tipos de solo, têm evidenciado a importância da racionalização do seu uso, diferenciando dessa maneira do simples despejo de elevadas quantidades no solo, visando exclusivamente seu imediato descarte. Deve-se ressaltar ainda que a vinhaça não apresenta uma composição adequadamente balanceada, principalmente para os principais nutrientes que

contém - nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sulfato - para atender as necessidades particulares de cada cultura nos vários solos e condições de cultivo.

Entretanto, para que possamos avaliar de uma maneira mais efetiva esta sua ação fertilizante, faz-se necessário ainda proceder-se a uma real avaliação do comportamento dinâmico dos seus elementos quando aplicada aos solos. No presente trabalho será dada ênfase à dinâmica do íon potássio presente na composição do referido efluente.

Entre as diversas propriedades físicas e hidráulicas de um solo, destaca-se a condutividade hidráulica, parâmetro de relevada importância sob o ponto de vista agrônomo, principalmente em estudos de irrigação e conservação do solo.

Assim, um estudo relativo aos efeitos que a aplicação da vinhaça poderia acarretar na condutividade hidráulica de um solo, merece destaque principalmente pela sua contribuição no fornecimento de subsídios, para uma maior compreensão da dinâmica da água quando em sua presença.

A dinâmica da água no sistema solo-planta está intimamente relacionada ao balanço hídrico de uma cultura, o qual permite pelo seu intermédio, a obtenção de informações relativas às exigências hídricas de uma cultura qualquer. O conhecimento dessas exigências é também essencial para a adoção de alternativas mais adequadas para se reduzir os efeitos de um déficit hídrico prolongado, bem como, eventualmente, recomendar irrigação suplementar.

O presente trabalho teve por objetivos: (a) proceder a um estudo relativo aos efeitos da aplicação de vinhaça sob diversas dosagens na condutividade hidráulica saturada (K_o) de um solo sob condições de laboratório, empregando na sua determinação o permeâmetro de carga constante; (b) em um solo tratado com vinhaça na dosagem de $1.000 \text{ m}^3/\text{ha}$, caracterizar a função condutividade hidráulica $K(\theta)$, durante o período de redistribuição de água, empregando o método de LIBARDI et alii (1980) sob condições de laboratório; (c) utilizando amostras de solo provenientes do primeiro procedimento, abordar a dinâmica e distribuição do íon potássio presente na vinhaça quando aplicada ao solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Considerações gerais sobre a vinhaça

A vinhaça é um subproduto da fabricação do álcool etílico através do sistema de fermentação biológica, sendo conhecida regionalmente sob diferentes denominações, tais como: vinhoto, calda, restilo, garapão, etc. Apresenta uma elevada demanda biológica de oxigênio (DBO na ordem de aproximadamente 12.000 a 20.000 ppm de oxigênio), o que a caracteriza como um material altamente poluente. Isto decorre principalmente pelo fato de apresentar em sua composição um alto conteúdo de matéria orgânica (ALMEIDA et alii, 1950, ALMEIDA et alii, 1952, MAGRO et alii, 1977, MAGRO, 1978, DIAS, 1980, HAAG et alii, 1980, SILVA et alii, 1980, MONTEIRO et alii, 1981 e VISCONTI et alii, 1981).

É um material que contém entre os seus componentes sólidos, além do alto conteúdo em matéria orgânica, uma alta percentagem de potássio, mostrando também quantidades apreciáveis de outros elementos nutrientes de plantas (além de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre) (GLÓRIA et alii, 1972; GLÓRIA et alii, 1973; GLÓRIA e MAGRO, 1976, RODELLA e FERRARI, 1977 e BITTENCOURT et alii, 1978).

2.1.1. Utilização agrícola da vinhaça

Entre as opções de uso agrícola da vinhaça, podemos enumerar as seguintes: produção de proteína celular, matéria-prima para a produção de gás metano, na alimentação de animais, além da irrigação e fertilização, ou simplesmente "fertirrigação", visto neste caso conjugar os benefícios do fornecimento de água e nutrientes à planta. Atualmente, o seu aproveitamento através da referida técnica se evidencia como uma solução relativamente satisfatória, tanto do ponto de vista técnico como econômico, o que pode ser comprovado por inúmeros trabalhos realizados ou em realização em instituições de pesquisa, bem como em usinas de açúcar e destilarias de álcool (LIMA, 1976; GLÓRIA, 1975; COPERSUCAR, 1979).

ORLANDO Fº et alii (1980) afirmam que a "fertirrigação" com vinhaça pode tornar-se interessante em solos (normalmente os de baixa fertilidade) que exijam elevadas quantidades de fertilizante p/ unidade de área, ou em locais onde o déficit hídrico seja acentuado e a utilização da irrigação mostre-se necessária. Agrupam a referida técnica em quatro categorias: (a) fertirrigação por inundação; (b) fertirrigação por sulcos de infiltração; (c) fertirrigação por aspersão com equipamento semifixo, e (d) fertirrigação por aspersão com canhão hidráulico. Destacam a importância do uso de veículos-tanque (normalmente caminhões) como um dos processos de distribuição economicamente viáveis com vistas à substituição parcial ou total da adubação mineral em canaviais. LIMA(1976) afirma que entre todas as formas de distribuição, a que oferece mais desvantagem é a distribuição indiscriminada sobre o terreno não preparado para o plantio.

2.2. A vinhaça como fertilizante (valor fertilizante e efeitos da sua aplicação aos solos)

Os primeiros resultados experimentais relativos aos efeitos da aplicação da vinhaça "in natura" e neutralizada ao solo, foram obtidos através do trabalho de ALMEIDA et alii (1950). Concluíram que a acidez do solo não foi aumentada (ao contrário do que até então se supunha), havendo, pelo contrário, elevação do pH, com a elevação sendo tanto mais pronunciada quanto maior fosse a quantidade de vinhaça aplicada ao solo. Observaram também que a aplicação do referido efluente em dosagens de 500 m³/ha, ou mais, conduziu a reação do solo à alcalinidade, a um aumento progressivo do poder de embebição do solo e a uma melhora nas propriedades físicas do referido solo. Relativamente à aplicação de vinhaça neutralizada com leite de cal, os resultados mostraram que o solo atingiu um mesmo valor de pH comparativamente à aplicação de vinhaça "in natura".

ALMEIDA (1952) estabeleceu que as dosagens de vinhaça a serem aplicadas nos solos do Estado de São Paulo, deveriam ser de 500 a 1.000 metros cúbicos por hectare. Salaria que elas deveriam crescer, à medida que os solos apresentem baixa fertilidade, e ainda, que a aplicação deveria ser feita através de irrigação por sulcos.

ALMEIDA (1953), em estudos relativos ao efeito da vinhaça sobre o pH do solo, salientou na época que isso era decorrente da atividade microbiana sobre a matéria orgânica, sem entretanto, ter comprovado tal hipótese.

RANZANI et alii (1953) estudaram o efeito da aplicação de

vinhaça ao solo ($1000 \text{ m}^3/\text{ha}$) em relação à aplicação convencional de adubação mineral (NPK), conduzindo suas observações em quatro culturas anuais (feijão, algodão, milho e gergelim), em solo descrito como de textura arenosa. Verificaram um aumento estatisticamente significativo na produção de grãos daquelas culturas, devido à aplicação da vinhaça, como consequência da: elevação do pH do solo, melhoria da estrutura do solo devido à adição de matéria orgânica e da melhor capacidade de retenção de água e adsorção de nutrientes.

VALSECHI e GOMES (1954), em um experimento conduzido em vasos, com um solo não descrito, estudaram o efeito da aplicação da vinhaça nas seguintes dosagens: 0, 250, 500, 750 e $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$. Concluíram que elevadas doses de vinhaça aplicadas aos solos concorrem para o aumento na capacidade de troca catiônica e na percentagem de saturação de bases. Observaram também que a elevação do índice de pH do solo tende a se estabilizar com doses mais elevadas.

Em trabalho de microbiologia de solo, CAMARGO (1954) verificou que a adição da vinhaça ao solo aumentou a quantidade de microrganismos e que o grande número de colônias encontrado é um índice da elevação de fertilidade resultante da aplicação da vinhaça.

ALMEIDA (1955) ressalta novamente os efeitos positivos da aplicação da vinhaça sobre as propriedades físicas de um solo, notadamente sobre o aumento do seu poder de embebição e como elemento de controle da erosão, corroborando o que já havia sido anteriormente observado por CESAR & MANFRINATO (1954).

RANZANI (1956), estudando os efeitos de dosagens crescentes de

vinhaça (dosagens de 0 a 1000 m³/ha) sobre algumas propriedades físicas de um solo, constatou os seguintes resultados: aumento da porosidade total do solo, diminuição do limite inferior de água disponível, aumento na capacidade de retenção de água e pouca alteração na permeabilidade do solo.

CALDAS (1960), realizando determinações de pH em camadas de um solo nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm, no qual havia sido aplicado vinhaça, observou que o maior aumento do pH ocorreu na camada mais superficial, ou seja, de 0-15 cm.

OLIVEIRA LIMA (1968), em estudos relativos à quantidade de vinhaça que deveria ser aplicada aos solos, propôs que se fosse utilizada dosagens da ordem de 40 m³/ha, contrariamente ao que se era recomendado na época. Procurou também estabelecer a aplicação de um volume de vinhaça relacionado com as quantidades de NPK geralmente aplicadas à adubação mineral.

GLÓRIA et alii (1973), em trabalho realizado na Usina da Pedra, localizada em Serrana (SP), estudaram a composição da vinhaça proveniente de mosto de melaço, mosto de caldo de cana-de-açúcar e mosto misto (melaço + caldo de cana-de-açúcar); verificou que a primeira é mais rica em material orgânico e mineral comparativamente às outras duas, apresentando concentrações mais elevadas nos diversos elementos analisados (C, N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, SO₄²⁻), sendo que o elemento mineral predominante era o potássio. Calcularam também a quantidade de matéria orgânica e a relação C/N, observando que a segunda foi adequada, podendo ser considerada válida a prática de incorporação imediata ao solo.

GLÓRIA (1975), abordando a questão da utilização da vinhaça em épocas passadas, quando o enfoque era mais sobre o seu aspecto poluidor, diz do erro de apreciação relativo ao não reconhecimento da vinhaça como material fertilizante. Fez referências também ao fato dos trabalhos pioneiros terem incorrido em um grave erro, relativo à recomendação da aplicação de uma quantidade excessiva de vinhaça aos solos. Com base nos resultados obtidos referentes à composição da vinhaça (GLÓRIA et alii, 1972; GLÓRIA et alii, 1973 e GLÓRIA et alii, 1974) o referido autor propõe tecnicamente o que denominou de "aplicação racional da vinhaça". Esta técnica fundamentava-se no conhecimento da sua composição básica, no estudo das condições do solo e cultura que deveria recebê-la, condições topográficas dos terrenos em relação à fonte da vinhaça (destilarias) e considerações econômicas. Relativo a este último item, afirmou que seria necessário o conhecimento da composição do resíduo, da cultura e os resultados que poderiam advir da aplicação e forma de aplicação.

SILVA et alii (1978) observaram que a aplicação da vinhaça contribuiu para elevar a saturação de bases e a capacidade de troca catiônica, correspondendo a um aumento de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis. Quanto ao pH e porcentagem de carbono, análises realizadas 6 e 12 meses após a aplicação de vinhaça mostraram não ter havido alterações nessas características.

REZENDE (1979), em estudo relativo às consequências da aplicação da vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial, verificou após a um período de 120 dias, que o

estado de floculação das partículas do solo não se modificou; não houve modificação significativa na capacidade de retenção de água no solo, uma elevação da pressão osmótica da solução do meio, principalmente nos primeiros centímetros do solo e nenhuma modificação significativa na porosidade do solo (porosidade total, macro e microporosidade). Devido à inconsistência dos resultados relativos ao efeito da vinhaça sobre a condutividade hidráulica, o referido autor não chegou a uma conclusão significativa a este respeito.

A adição da vinhaça ao solo provoca uma elevação do seu pH, aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, aumento do poder de retenção de água, melhoria da estrutura física, aumento da população microbiana e imobilização de certos nutrientes (COPERSUCAR, 1979).

MATIAZZO (1980) constatou que 183 dias após a aplicação da vinhaça, o pH de um Regossol variou de 5,0 para 7,5 e o de um Latossol de 5,2 para 6,6.

COLETI et alii (1981), acompanhando as variações das propriedades químicas de cinco solos de larga ocorrência na Usina São José, em Macatuba (SP), após a aplicação de vinhaça, encontraram modificações muitas vezes substanciais em algumas delas ao longo do tempo. Afirmaram que tais alterações, na maioria dos casos, são instáveis, atingindo seu pico máximo ao redor de 100 dias, decrescendo a partir desse período. Segundo os autores, as maiores alterações das referidas propriedades estão relacionadas com a maior pobreza dos solos, quase sempre arenosos. Afirmam ainda que o uso de calcário, como corretivo ou fonte de cálcio, em solo onde se aplica vinhaça em dosagens próximas de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$, poderá ser dis-

pensado, bem como a complementação mineral, principalmente com potássio.

FONTES (1982), em estudo relativo a efeito da aplicação de vinhaça suplementada com fosfato monoamônio e superfosfato triplo, em cultura de mandioca, observou que os teores médios de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio tiveram seus valores aumentados significativamente no solo, com o fósforo atingindo a concentração crítica para a referida cultura. Observou ainda que houve aumento da porosidade total e da CTC do solo, sendo que a CTC de modo significativo, passando de um nível baixo para médio em algumas unidades experimentais. Com relação à densidade aparente, equivalente de umidade e grau de flocculação do solo, afirmou não ter havido alteração significativa com a aplicação do referido efluente.

CAMARGO et alii (1983) observaram que a agregação em Latos solo Vermelho-Escuro, textura média, que havia recebido vinhaça, foi maior que a da testemunha, Salientaram que isso seria devido ao aumento de matéria orgânica e sua metabolização por microrganismos. Observaram ainda que não houve alteração no teor de água disponível em rolos tratados com vinhaça.

2.3. Dinâmica da vinhaça nos solos

DOMINGOS e COUTINHO Jr. (1981), comparando os valores de penetrabilidade para água pura e água da vinhaça infiltradas em colunas de solo no horizonte B de um Podzólico Vermelho Amarelo, verificaram que as equações da difusividade e da penetrabilidade podem ser utilizados na descrição do processo de infiltração horizontal da água da vinhaça nos

solos. Verificaram também que, para um mesmo valor de temperatura (40°C), a variação de penetrabilidade para a infiltração de água e vinhoto foi de 55%.

COUTINHO Jr. e DOMINGOS (1981), a partir dos referidos dados, verificaram ainda haver dependência da penetrabilidade com a compactação do solo.

DELLA LIBERA e CORSINI (1982), citados por ANDRIOLI (1982), utilizando amostras de horizonte Ap de solo Podzolizado Lins e Marília, var. Marília, concluíram também que as equações empíricas que descrevem o processo de infiltração do referido sub-produto apresentam coeficientes dependentes da sua temperatura inicial.

SILVA et alii (1982), em estudos de caracterização de propriedades físicas da vinhaça e do seu processo de infiltração horizontal em diferentes solos, afirmam também que as equações normalmente usadas para descrever o processo da difusão em solo não saturado descrevem também o processo de difusão da vinhaça, o que também foi observado por ANDRIOLI (1982). Verificaram ainda que infiltrações repetitivas de vinhaça em Latossol Vermelho Amarelo promoveram uma acentuada diminuição nos valores de penetrabilidade. No que se refere às propriedades físicas, observaram que a densidade e a viscosidade variam com a temperatura, e que no intervalo de 17 a 50°C a densidade é uma função linear da temperatura.

2.4. Efeitos da aplicação de resíduos orgânicos nas propriedades físicas de um solo

Em face da semelhança do tema em estudo, procedeu-se a uma abordagem relativa aos efeitos da aplicação de resíduos orgânicos nas propriedades físicas de um solo. A referida abordagem teve por objetivos fornecer subsídios, com os quais, através de uma análise criteriosa e com finalidade comparativa, possibilitasse chegar ao conhecimento das possíveis causas que redundassem em alterações nas propriedades de um solo tratado com vinhaça.

Os efeitos da aplicação de resíduos orgânico (lodo de esgoto, esterco de curral, etc.) nas propriedades físicas de um solo variam consideravelmente. Dependem do tipo de solo, tipo de resíduo e quantidade aplicada.

Os resíduos orgânicos sofrem normalmente um tratamento que inclui os processos de peneiramento, fragmentação e enriquecimento de nutrientes, antes de ser realizada a sua aplicação aos solos. Os sólidos em suspensão recebidos pelo solo, estão usualmente na forma orgânica. Estes sólidos se acumulam na superfície do solo, formando uma camada de alta resistência hidráulica comprometendo o processo de infiltração da água. A solução aplicada favorece a dispersão de partículas coloidais que eluviam no perfil do solo. Este processo tem como resultado um adensamento subsuperficial. Quando o acúmulo de material sólido ocorre na superfície do solo, a infiltração decresce, acarretando um acúmulo de água e originando conseqüentemente uma carga hidráulica. Em profundidade, tanto a carga como a umidade do solo decrescem. A resis-

tência hidráulica da camada obstruída é diretamente proporcional ao total de sólidos acumulados na superfície. A obstrução oriunda da acumulação excessiva de sólidos em suspensão na superfície do solo, pode ser um problema em solos com drenagem superficial pobre. A redução das taxas de infiltração, provocará uma enxurrada, concorrendo para o acúmulo de água nas depressões, causando condições anaeróbicas. Essas condições podem favorecer ao desenvolvimento de uma flora específica, o que concorreria para uma obstrução dos poros do solo, devido a produção de polissacarídeos e de outros compostos orgânicos. Esta obstrução se fará de maneira efetiva se os resíduos contiverem um alto teor de matéria orgânica em suspensão (BOUWER e CHAVEY, 1974).

RAWITZ e BURNS (1981), em conformidade ao observado por BOWER e CRAUNEY (1974), afirmam também que o acúmulo de matéria orgânica proveniente da aplicação de resíduos favorece o impedimento e encrustamento superficial dos solos das seguintes maneiras: (a) através da ação dos produtos de atividade microbiana, os quais podem causar a obstrução dos poros; (b) através da obstrução dos poros causados por compostos orgânicos em suspensão provenientes da aplicação de resíduos.

EPSTEIN (1973) afirma que a aplicação de lodo de esgoto aos solos favorece o aumento inicial da condutividade hidráulica. Observa, porém, que findo o período de 180 dias, houve uma diminuição, com o valor final da condutividade correspondente ao seu valor original. Salienta que isto decorreu da obstrução dos poros do solo pelos produtos de decomposição microbiana.

KHALEEL et alii (1981) afirmam que a aplicação de resíduos orgânicos sólidos nos solos, de maneira contínua e elevada, alteram suas propriedades físicas. Ressaltam que o aumento de matéria orgânica, proveniente dessas aplicações, induz à diminuição da densidade global, ao aumento do estado de agregação das partículas do solo, da capacidade de retenção de água e da condutividade hidráulica saturada do solo. A diminuição da densidade global, segundo os referidos autores, seria proveniente do resultado da mistura entre a matéria orgânica adicionada e a fração mineral mais densa do solo. O aumento na sua capacidade de retenção de água seria decorrente dos seguintes fatores: (a) diminuição da densidade global e aumento na porosidade total do solo; (b) alteração na distribuição do tamanho dos agregados, modificando a distribuição de poros, e, finalmente, (c) aumento nos lugares de adsorção do solo, devido ao aumento na superfície específica. Acrescentam ainda que devido ao aumento na sua porosidade os valores da condutividade hidráulica sofreriam um incremento significativo, resultado corroborado por outros autores citados por eles.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do solo

A amostra de solo utilizada no presente estudo, foi proveniente da camada Ap de um Latossolo Roxo distrófico, Unidade Barão Geraldo, identificado segundo OLIVEIRA et alii (1979), situado a 2 km a este de Engenheiro Coelho na rodovia SP-147.

A caracterização física e química da camada Ap do referido solo foi realizada no Laboratório da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico e encontra-se nas Tabelas 1 e 2.

3.2. Composição da vinhaça

A vinhaça empregada foi obtida na destilaria de álcool da Usina Santa Helena, Piracicaba (SP). Os principais resultados analíticos, referentes à sua composição, estão na Tabela 3.

TABELA 1 - Caracterização física do solo.

Horiz.	Espes. (cm)	Dens.Global (g. cm ⁻³)	Granulometria (%)				Classe Textural
			Argila	Limo	Areia fina	Areia grossa	
Ap	0-21	1,19	36	04	47	13	barrento

TABELA 2 - Caracterização química do solo.

Hor.	pH		C.O. %	meq / 100g de solo					S	S	V%
	H ₂ O	KCl		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	meq 100 g	meq 100 g	
Ap	5,3	4,4	1,9	0,90	0,50	0,06	0,30	5,0	1,46	5,30	28

TABELA 3 - Composição química da vinhaça.

Elemento	Porcentagem em volume	ppm
Carbono Orgânico	1,56	-
Nitrogênio (N)	0,35	-
Cálcio (Ca ⁺⁺)		1300
Potássio (K ⁺)		2940
Magnésio (Mg ⁺⁺)		250
Sódio (Na ⁺)		15

3.3. Preparação das amostras de solo e seu acondicionamento em colunas

As amostras de solo utilizadas foram deixadas secar à sombra e passadas em peneira de malha 1 mm. O acondicionamento foi feito em cilindros de plástico acrílico de 60 e 120 cm de comprimento, 5,7 cm de diâmetro interno e com espessura de parede de 3,0 mm. Esses cilindros eram abertos numa extremidade e fechado na outra por intermédio de papel-filtro.

Para o enchimento da coluna, um funil com haste de comprimento igual ao comprimento do cilindro utilizado era nele introduzido, e cheio com a terra. Depois, o funil era levantado vagarosamente, permitindo a passagem da terra para o cilindro, ao mesmo tempo que era colocado mais terra ao funil. Isto permitia uma separação mínima das partículas de solo. Uma vez cheia, batia-se na coluna com ajuda de um martelo de borracha, até se obter a densidade que o solo possuía sob as condições naturais de campo ($1,19 \text{ g.cm}^{-3}$, Tabela 1).

Finalmente, retirava-se uma quantidade suficiente de terra para deixar um espaço livre de 10 cm entre a superfície do solo e o bordo superior da coluna. Os cilindros de 60 cm de comprimento eram utilizados para determinação da condutividade hidráulica saturada pelo método do permeâmetro de carga constante. Os cilindros de 120 cm de comprimento foram utilizados para determinação da função $K(\theta)$, pelo método de LIBARDI et alii (1980).

3.4. Procedimento experimental para determinação da condutividade hidráulica saturada (K_0) pelo método do permeâmetro de carga constante

Inicialmente, a vinhaça inicialmente homogeneizada, foi retirada da câmara fria da Seção de Microscopia Eletrônica do CENA / USP (onde havia sido alojada para conservação), para que pudesse atingir a temperatura ambiente e ser aplicada na coluna de solo.

Em seguida, foi realizada a aplicação de dosagem previamente selecionada de vinhaça (ou água) na coluna de solo, em conformidade com os tratamentos estabelecidos (Tabela 4), para depois de 24 horas se proceder à infiltração vertical de água ou de vinhaça no tratamento N na referida coluna.

Colocou-se a coluna na posição vertical, apoiada sobre um suporte metálico e procedeu-se ao enchimento da bureta de Mariotte com água destilada. A bureta também foi fixada no referido suporte em posição tal que se obtivesse uma carga hidráulica constante de 1 cm sobre a superfície do solo (Figura 1).

Conectou-se a tubulação de látex no ponto de saída de água da bureta de Mariotte e com o auxílio de uma presilha, fixou-se a outra no bordo superior da coluna. Iniciando o processo de infiltração, registrou-se imediatamente a leitura da bureta e, com auxílio de um cronômetro, mediu-se o tempo. Periodicamente, era medido o tempo (t , min), o espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f , min) e o volume de água adicionado ao solo (V , cm^3), até ser atingida condição de

TABELA 4 - Dosagens de água e vinhaça aplicadas às colunas de solo, antes do processo de infiltração, para obtenção dos diversos tratamentos utilizados.

Tratamentos	Infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas com
A	0 m ³ /ha (testemunha)
B	100 m ³ de água/ha
C	100 m ³ de vinhaça/ha
D	200 m ³ de água/ha
E	200 m ³ de vinhaça/ha
F	400 m ³ de água/ha
G	400 m ³ de vinhaça/ha
H	600 m ³ de água/ha
I	600 m ³ de vinhaça/ha
J	800 m ³ de água/ha
K	800 m ³ de vinhaça/ha
L	1000 m ³ de água/ha
M	1000 m ³ de vinhaça/ha
N	Infiltração vertical de vinhaça em coluna de solo, sem tratamento prévio com água ou vinhaça

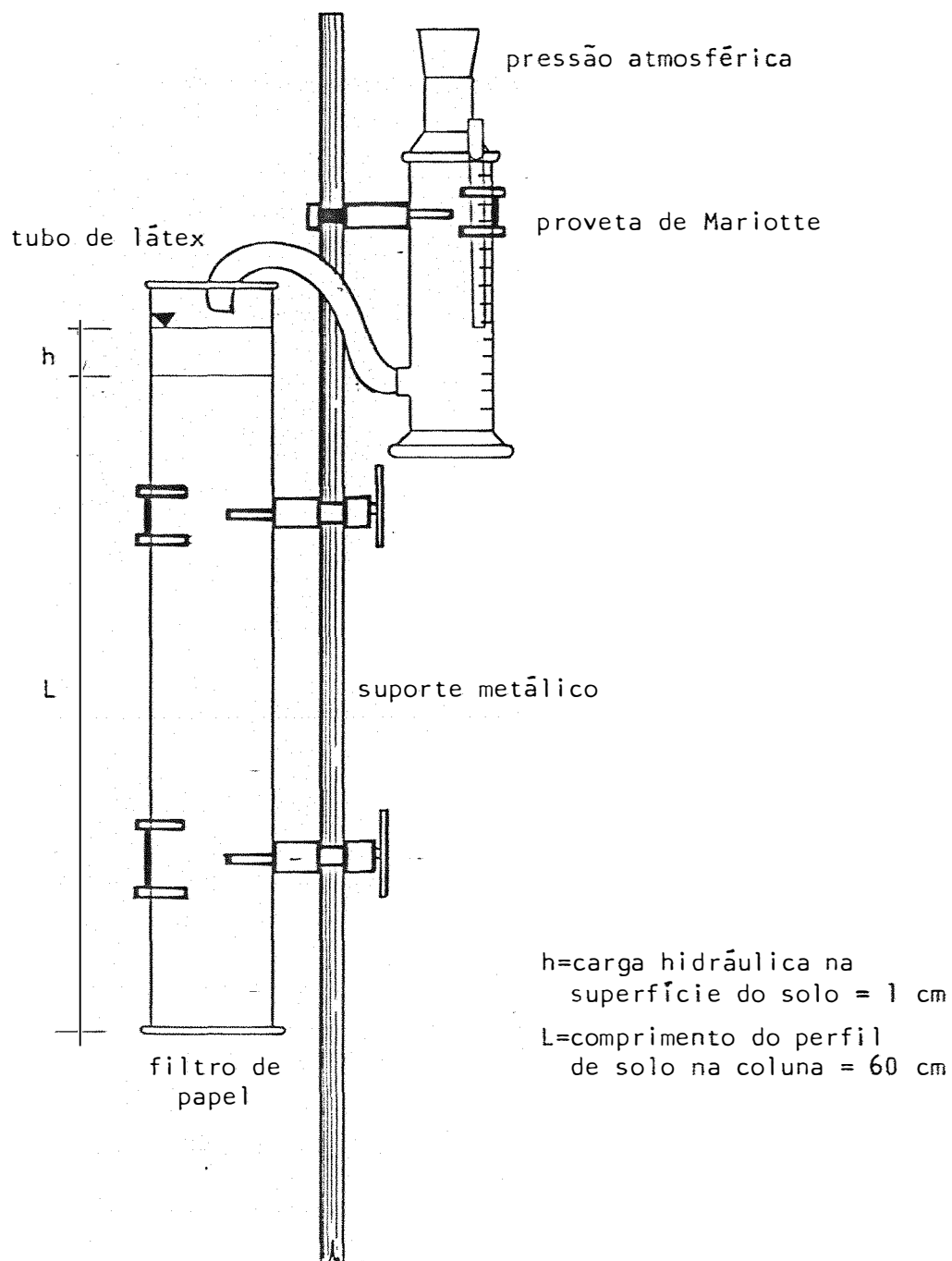


FIGURA 1 - Diagrama do permeâmetro de carga constante (proveta de Mariotte) utilizado para a medida da condutividade hidráulica saturada (K_0).

equilíbrio dinâmico. No final do experimento foram feitas amostras de solo da coluna para determinação da concentração do íon K^+ trocável em cada amostra.

3.5. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo

Com a finalidade de se verificar a influência da uniformidade de compactação sobre os valores de K_0 obtidos, para as diversas dosagens de água e vinhaça utilizados, realizou-se o processo de infiltração vertical em colunas de solo sem aplicação prévia de água ou vinhaça, em três repetições, que se constituíram nos tratamentos 0, P e Q de nosso experimento. Obedeceram-se aos critérios de procedimento já descritos por menorizadamente no item anterior.

3.6. Determinação da umidade do solo pelo método da atenuação da radiação gama

3.6.1. Atenuação de um feixe de radiação gama monoenergético em uma amostra de solo

A atenuação de um feixe de radiação gama monoenergético é descrita pela equação da lei de Beer:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \rho x} \dots \dots \dots (1)$$

onde: I, I_0 = intensidade do feixe emergente e incidente, respectivamente
 μ = coeficiente de atenuação de massa do meio absorvedor para a energia do raio gama considerado;
 ρx = densidade e espessura do meio absorvedor, respectivamente.

A utilização de um feixe monoenergético para a determinação da umidade de solos, consiste na medida da fração atenuada pela amostra da intensidade de radiação gama incidente. Portanto, a atenuação de um feixe de radiação gama para uma amostra de solo seco ao ar, pode ser descrita pela lei de Beer da seguinte forma:

$$I = I_0 \cdot e^{-(\mu_s \rho_g + \mu_a \theta_o) x} \dots\dots\dots (2)$$

onde: I = intensidade do feixe de radiação emergente da amostra (cpm)
 I_0 = intensidade do feixe de radiação incidente da amostra (cpm)
 μ_s = coeficiente de atenuação de massa do solo (cm^2/g)
 μ_a = coeficiente de atenuação de massa da água (cm^2/g)
 ρ_g = densidade global do solo (g/cm^3)
 x = espessura da amostra de solo (cm)
 θ_o = umidade do solo seco ao ar (cm^3/cm^3)

Quando o solo adquirir umidades maiores que θ_o , como é o caso após a infiltração, ou durante a redistribuição, a equação terá mais um termo à direita. Assim:

$$I' = I_0 \cdot e^{-(\mu_s \rho_g + \mu_a \theta_o + \mu_a \theta) x} \dots\dots\dots (3)$$

onde θ (cm^3/cm^3) é a umidade do solo.

Dessa maneira, combinando-se as equações (1) e (2), pode-se determinar a umidade à base de volume (θ), com a seguinte equação:

$$\theta = \frac{\ln I / I_0}{\mu_a \cdot x} \dots\dots\dots (4)$$

3.6.2. Sistemas de colimação e equipamento de detecção

O equipamento utilizado na medida da atenuação de radiação gama, mostrado parcialmente nas Figuras 2 e 3, com a coluna de solo na posição de medida, consistiu de uma fonte radioativa, um sistema de colimação de feixe e um sistema de detecção por cintilação sólida, instalados num suporte metálico rígido, constituído por um cavalete de vigas de aço em "U" de 3 polegadas, com 1,40m x 0,60m de largura.

A fonte radioativa emissora de raios gama foi uma fonte de Césio-137, emissora de raios gama de 0,662 MeV de energia e com atividade atual de 96 mCi (situa-se no bloco I, de dimensões 200 x 100 x 200mm; os blocos II e III atuam como colimadores, para a referida fonte, com 4,45 mm² de seção reta circular).

Para detecção das radiações gama, utilizou-se um sistema constituído de um conjunto da Nuclear Chicago (NC 8770), com um cristal cintilador de NaI(Tl) de 1 x 1", tipo plano, acoplado a uma válvula foto-

ESCALA = 1:5

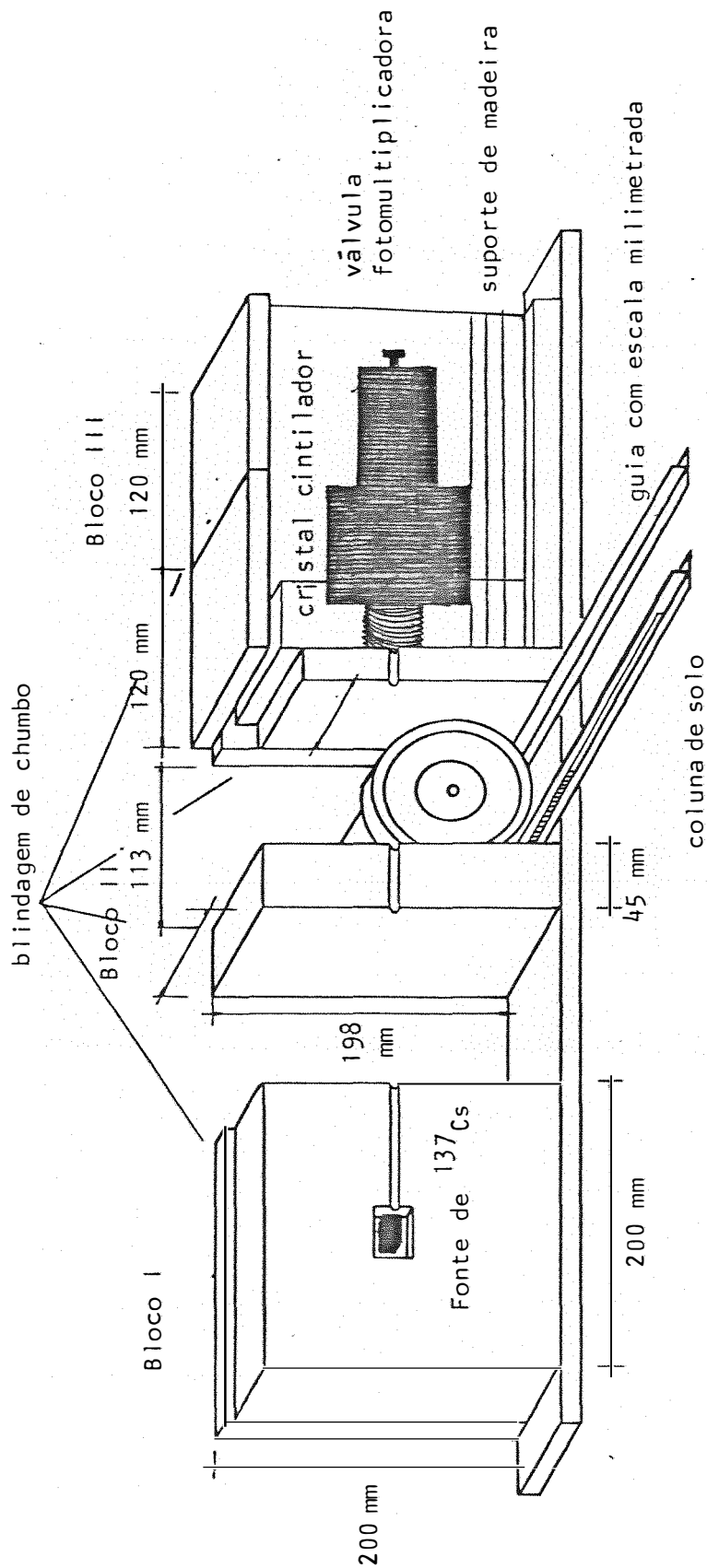


FIGURA 2 - Esquema da geometria utilizada na colimação e detecção da radiação gama (adaptado de ZUCCHI, 1981).

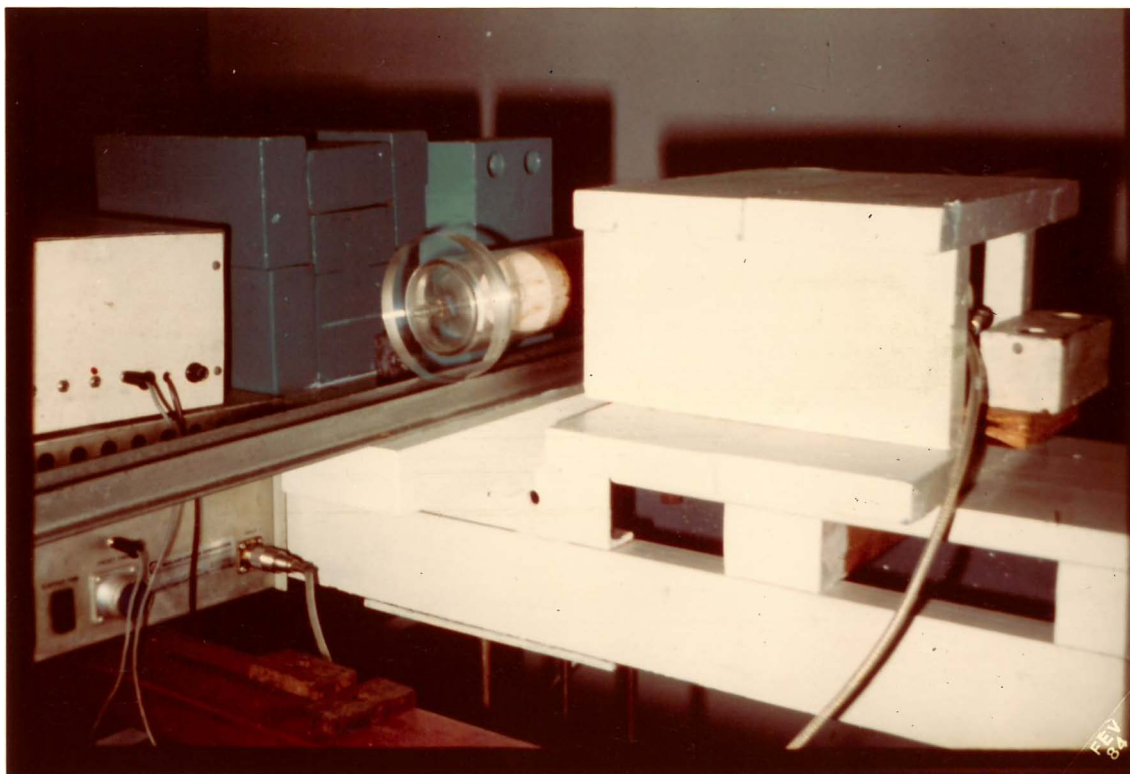


FIGURA 3 - Detalhe do posicionamento da coluna de solo para medida de teor de umidade pelo método de atenuação da radiação gama.

multiplicadora (N.C. - série 009786) e a um contador de pulsos, comandado por um cronômetro digital.

Na posição de medida, a coluna de solo foi colocada horizontal e perpendicularmente ao feixe de radiação, de modo a permitir que os raios gama atravessassem a parte mais espessa da coluna. Esta foi apoiada sobre um suporte guia, com escala lateral milimetrada (situada entre os blocos I e II).

3.7. Procedimento experimental para determinação da condutividade hidráulica $K(\theta)$ pelo método de LIBARDI et alii (1980) sob condições de laboratório

3.7.1. Método de LIBARDI et alii (1980)

O procedimento usual para estimar $K(\theta)$ a uma dada profundidade Z , pode ser obtido pela integração da equação de Richards da seguinte maneira:

$$\int_0^Z \frac{\delta \theta}{\delta t} dz = \left[K(\theta) \frac{\delta H}{\delta Z} \right]_{Z=Z} - \left[K(\theta) \frac{\delta H}{\delta Z} \right]_{Z=0} \dots\dots\dots (5)$$

onde H é a carga hidráulica (cm). Para as condições experimentais usuais (saturação do perfil de solo e prevenção da evaporação através da sua superfície), o último termo da equação acima é igual a zero. Visto que o primeiro termo representa a variação do armazenamento de água no perfil de solo a uma profundidade Z em um certo tempo, a equação (5) se torna:

$$Z \times \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial t} = \left[K(\theta) \frac{\partial}{\partial Z} \right]_{Z=Z} \dots \dots \dots (6)$$

onde $\bar{\theta}$ é a umidade média do solo a uma profundidade Z.

Assumindo que a umidade média do solo $\bar{\theta}$ em um perfil variando de Z=0 a Z=Z, e a umidade θ a uma profundidade Z, tenha a seguinte relação:

$$\bar{\theta} = a\theta + b \dots \dots \dots (7)$$

onde a e b são constantes.

e ainda que $\partial H / \partial Z = -1$ e que a condutividade hidráulica seja uma função exponencial da umidade do solo na seguinte forma:

$$K = K_0 \exp \left[\beta (\theta - \theta_0) \right] \dots \dots \dots (8)$$

onde β é uma constante e K_0 e θ_0 são os valores de K e θ durante a infiltração em equilíbrio dinâmico a equação (6) toma a seguinte forma:

$$-aZ \frac{\partial \theta}{\partial t} = K_0 \exp \left[\beta (\theta - \theta_0) \right] \dots \dots \dots (9)$$

onde a, θ , K_0 e β são estimados para a profundidade Z.

Integrando a equação (9) a uma dada profundidade Z da condição inicial (t = 0, $\theta = \theta_0$) para (t = Z, $\theta = \theta$), obtêm-se:

$$\theta_0 - \theta = \frac{1}{\beta} \ln (1 + \beta K_0 t) aZ) \dots \dots \dots (10)$$

Para longos tempos, a equação (10) se reduz a:

$$\theta_o = \theta = \frac{1}{\beta} \ln t + \frac{1}{\beta} \ln (\beta K_o) \quad \dots\dots\dots (11)$$

O que indica que a diferença $(\theta_o - \theta)$ é linearmente relacionado a $\ln t$.
 A inclinação da curva é o valor inverso de β e o intercepto é a medida de K_o admitindo que n seja conhecido.

Dessa forma, conhecidos os valores de K_o e β de cada profundidade, obtêm-se diretamente a equação que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade:

$$K(\theta) = K_o - e^{\beta (\theta - \theta_o)} \quad \dots\dots\dots (12)$$

3.7.2. Procedimento experimental

Inicialmente, procedeu-se à infiltração vertical de água na coluna de solo tratada com vinhaça (na dosagem de 1.000 m³/ha), com os mesmos critérios relativos ao procedimento experimental para determinação da condutividade saturada (K_o) pelo método do permeâmetro de carga constante. O mesmo procedimento foi utilizado para coluna de solo tratado com água na mesma dosagem.

Atingida a condição de equilíbrio dinâmico, marcou-se o tempo 0 (zero) para o processo de redistribuição. Imediatamente, com o auxílio da técnica de radiação gama, foram realizadas diversas determina

ções ao longo da coluna, para obtenção dos perfis de umidade (θ vs. z) em $t = 0$. Posteriormente, a coluna de solo foi colocada na posição vertical, apoiada sobre um suporte metálico, para a redistribuição de água.

A condutividade hidráulica obtida durante o período redistribuição de água foi estimada pelo método de LIBARDI et alii (1980), sob condições de laboratório, nos seguintes tempos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15 e 20 dias.

4. RESULTADOS

4.1. Infiltração vertical para os diversos tratamentos.

4.1.1. Espaço percorrido pela frente de molhamento

Os dados relativos ao espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e a raiz quadrada do tempo ($t^{1/2}$) provenientes das diversas observações realizadas, em conformidade aos tratamentos estabelecidos, estão nas Tabelas de números 5 a 18 (ver Apêndice). Com os referidos dados, foram confeccionados os gráficos $z_f \times t^{1/2}$ para cada tratamento, utilizando-se de uma mesma figura para os tratamentos com do sagens similares, com finalidade comparativa, exceção sendo feita aos tratamentos A e N. Os referidos gráficos encontram-se nas Figuras de números 4 a 11, e a tabela com as regressões $z_f \times t^{1/2}$, na Tabela 19.

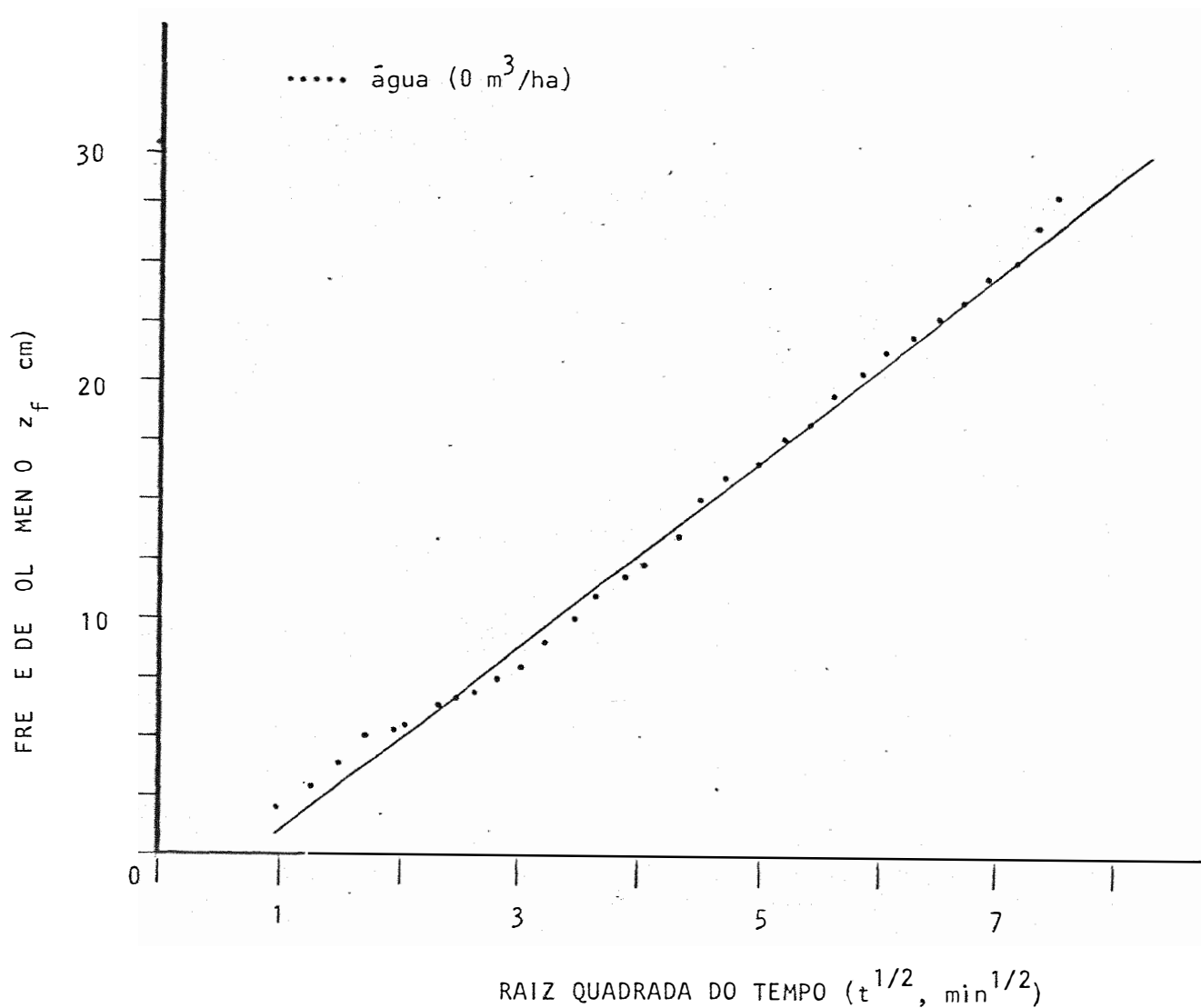


FIGURA 4 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f), em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em coluna de solo testemunha (sem tratamento prévio com água ou vinhaça).

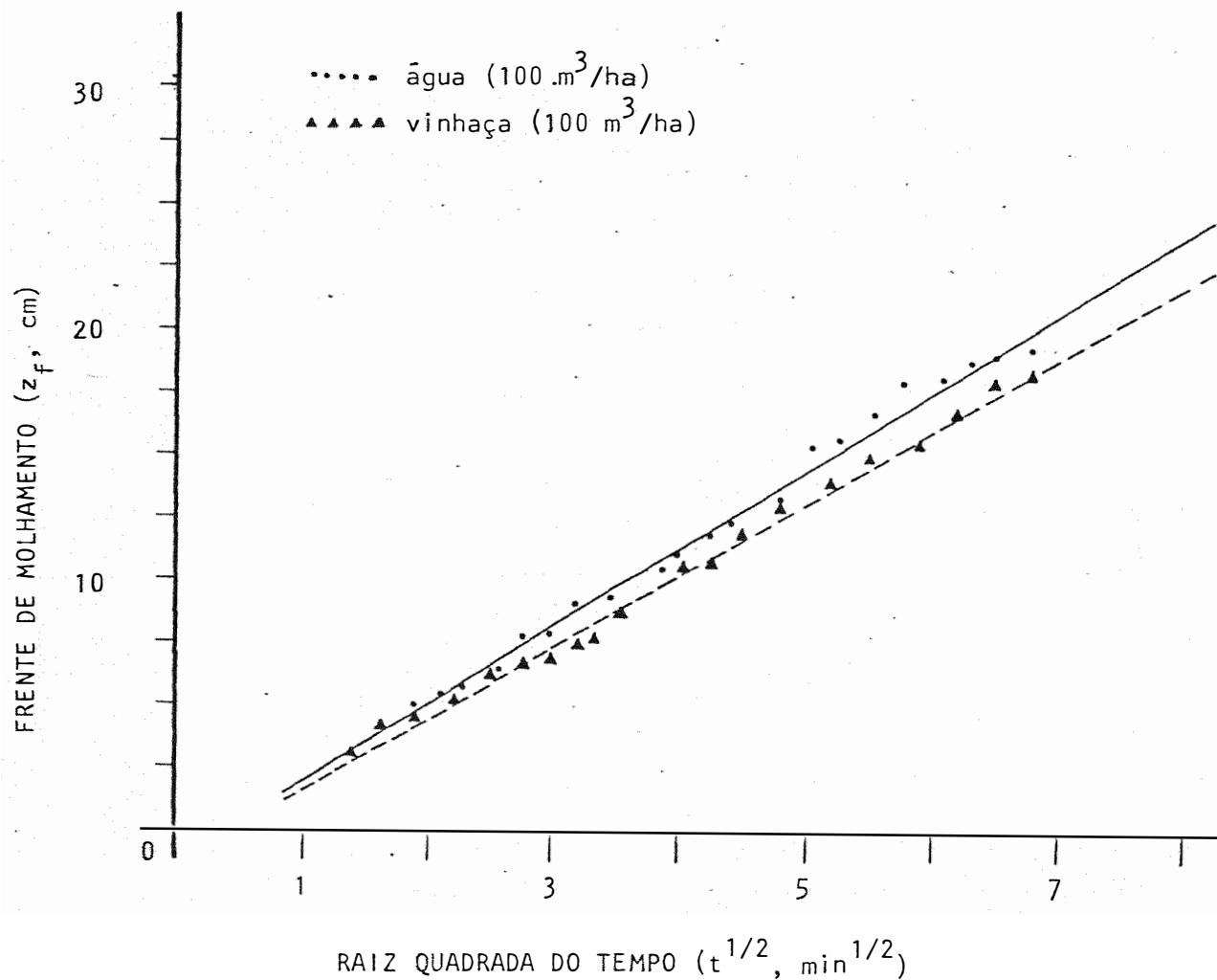


FIGURA 5 - Espaço percorrido pela frente demolhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas previamente com 100 m³/ha de água e 100 m³/ha de vinhaça.

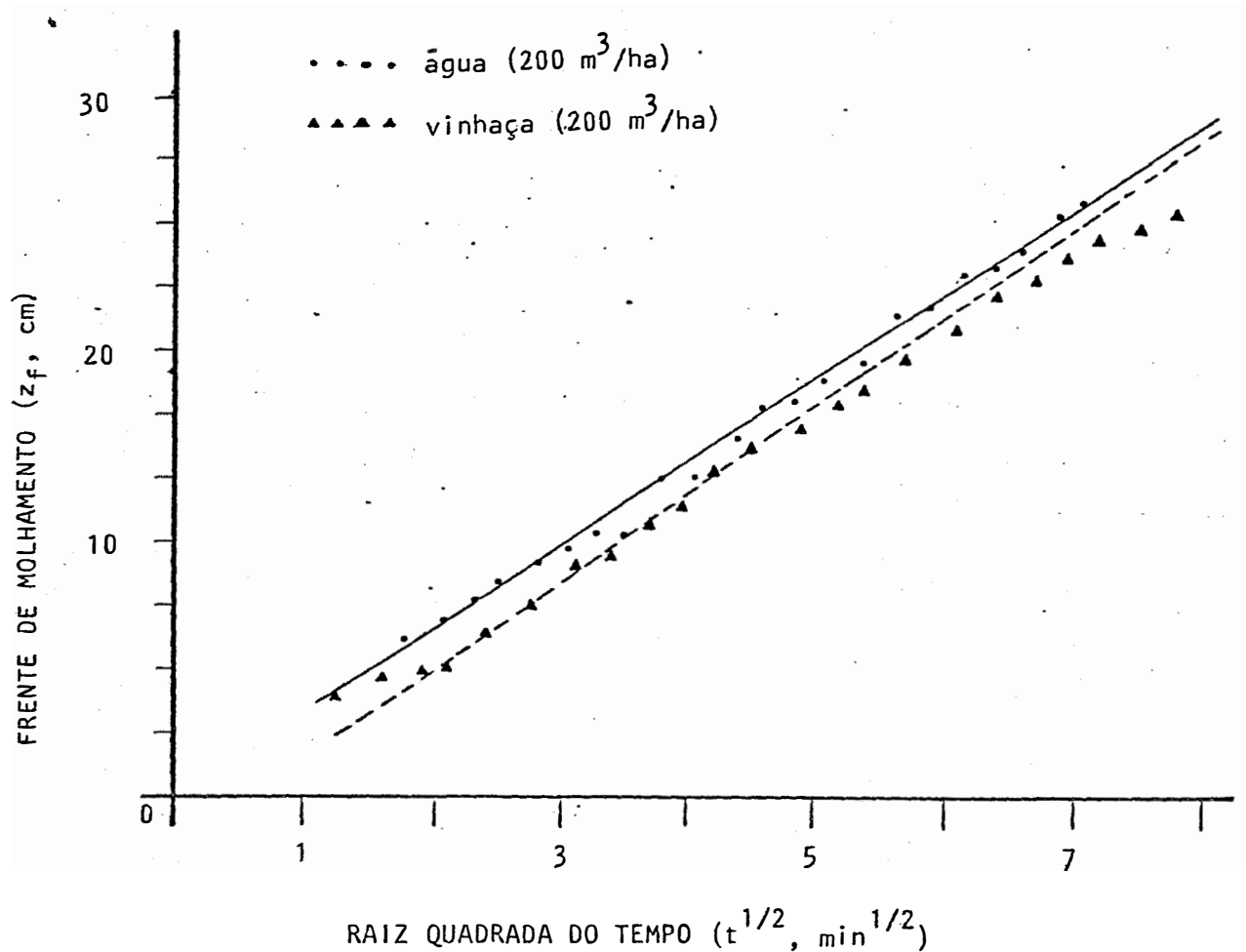


FIGURA 6 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas previamente com 200 m³/ha de água e 200 m³/ha vinhaça.

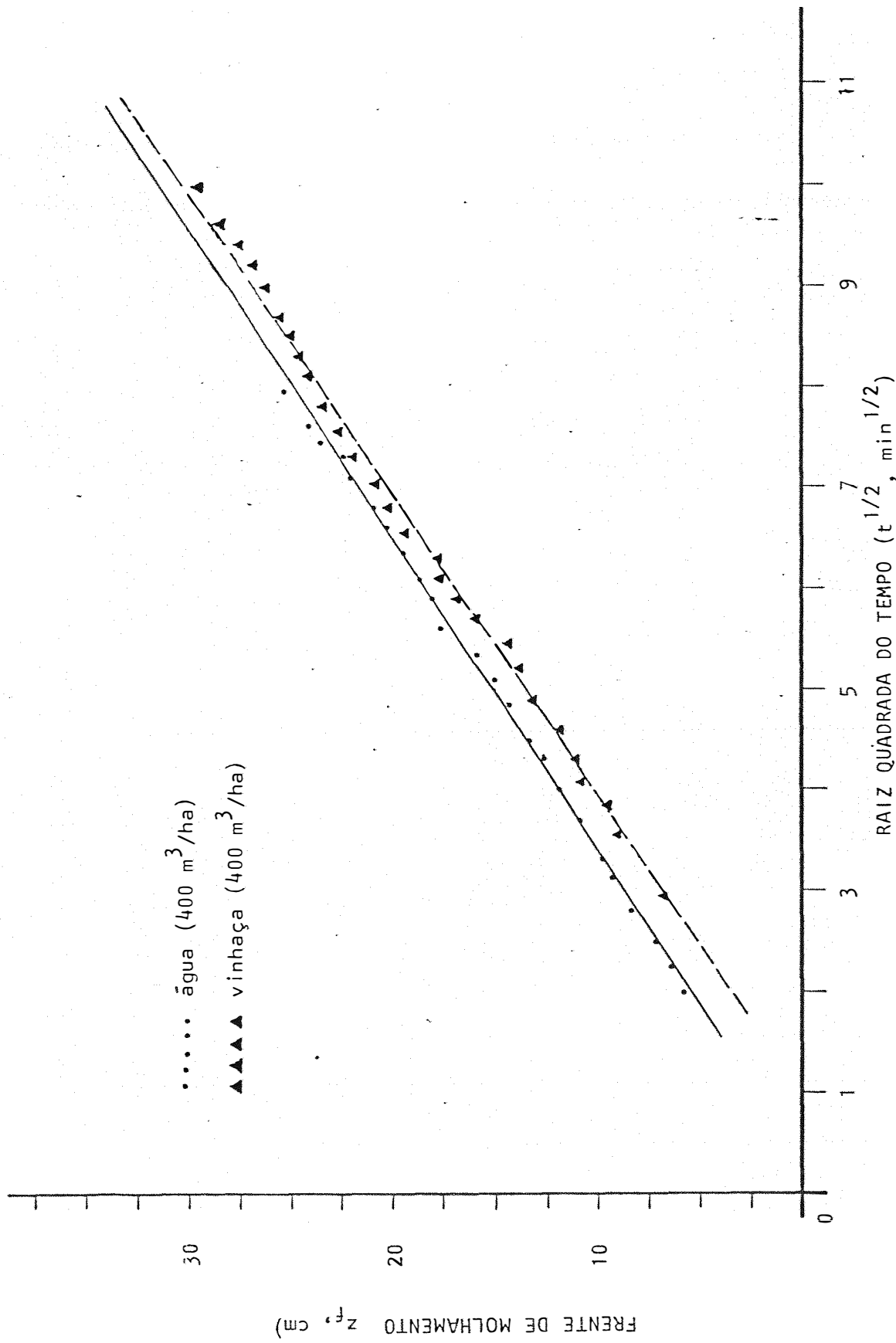
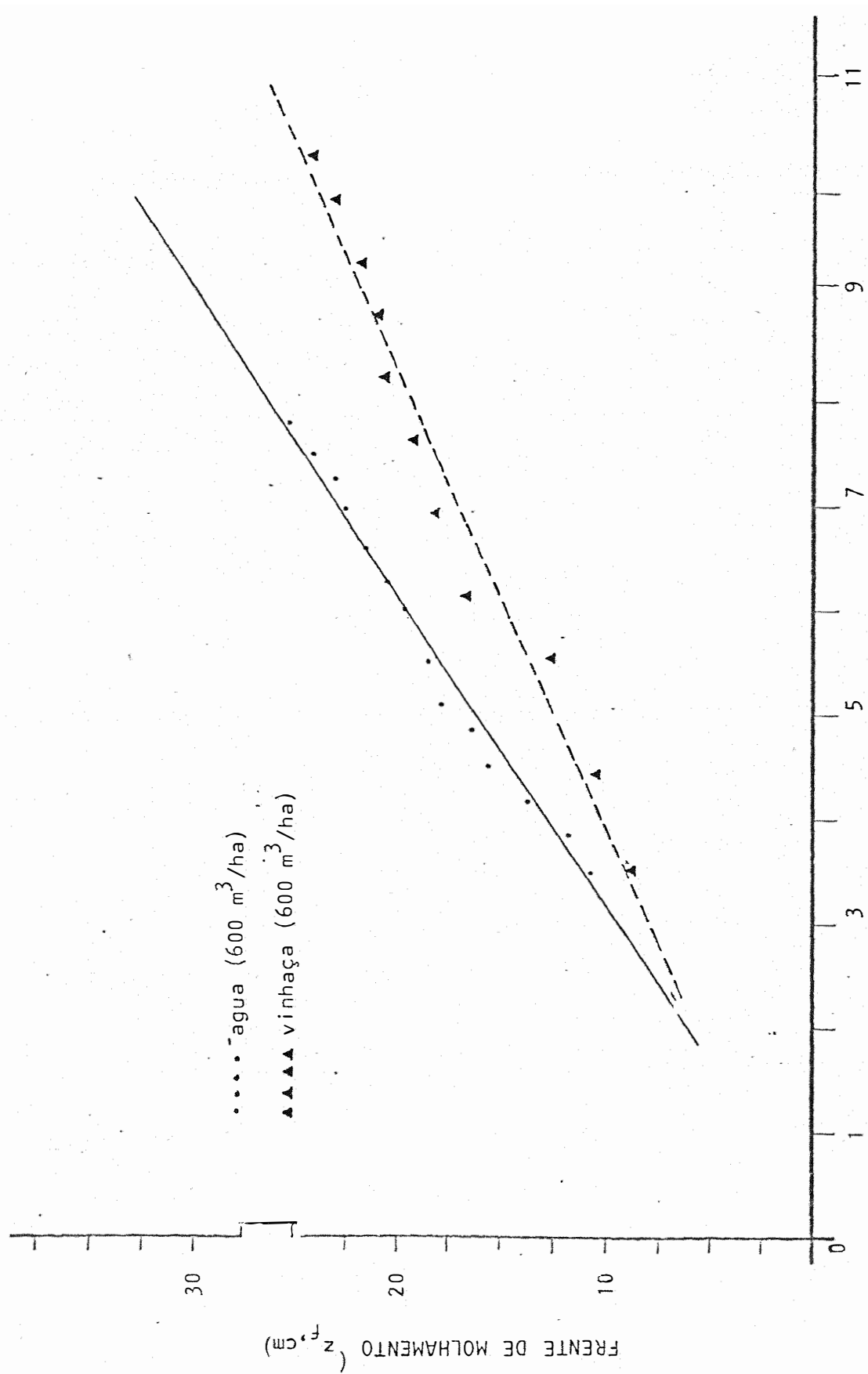


FIGURA 7 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo, tratadas previamente com 400 m³/ha de água e 400 m³/ha de vinhaça.



RAIZ QUADRADA DO TEMPO ($t^{1/2}$, min $^{1/2}$)

FIGURA 8 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas previamente com 600 m 3 /ha de água e 600 m 3 /ha de vinhaça.

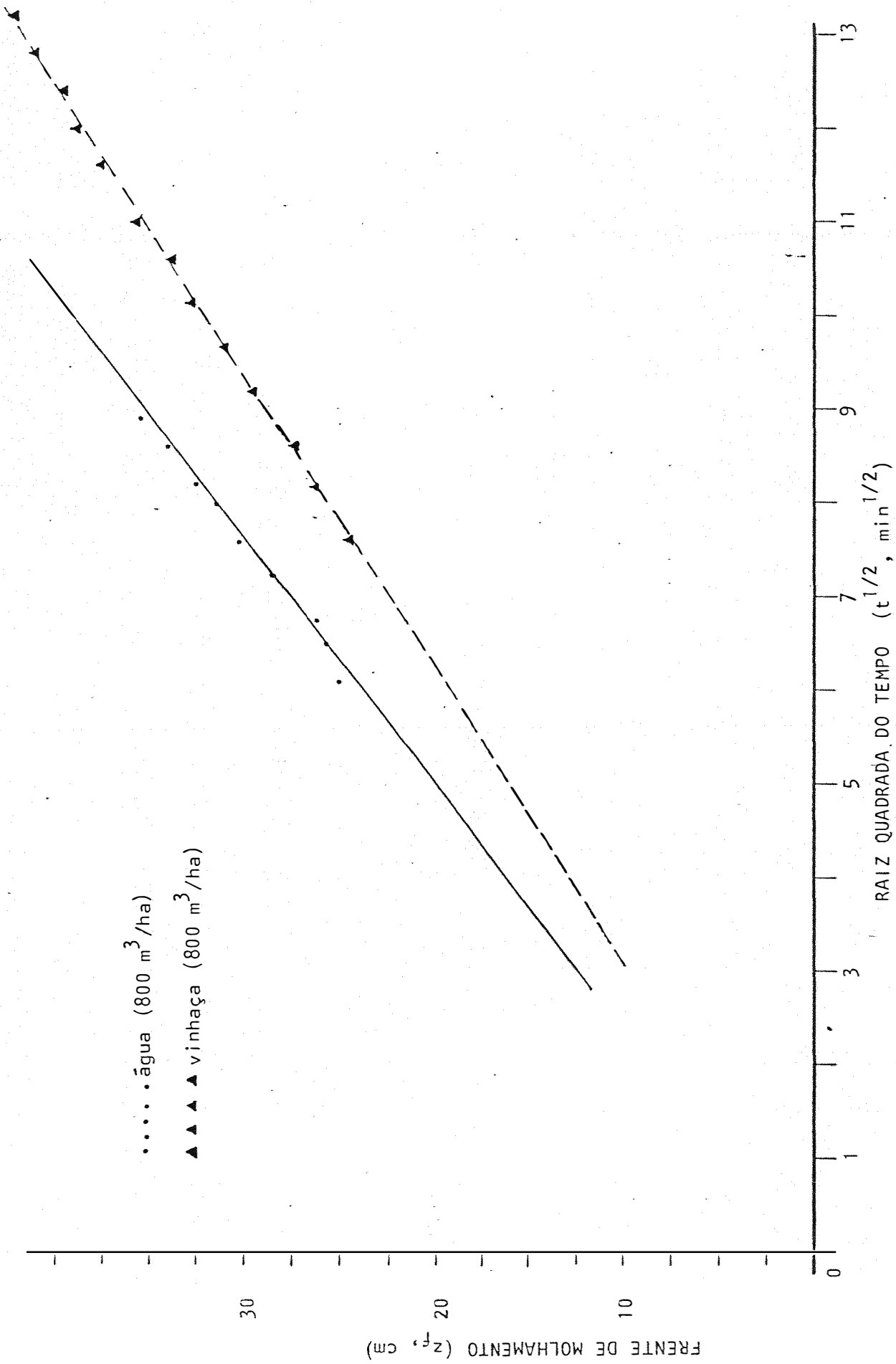


FIGURA 9 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas previamente com 800 m³/ha de água e 800 m³/ha de vinhaça.

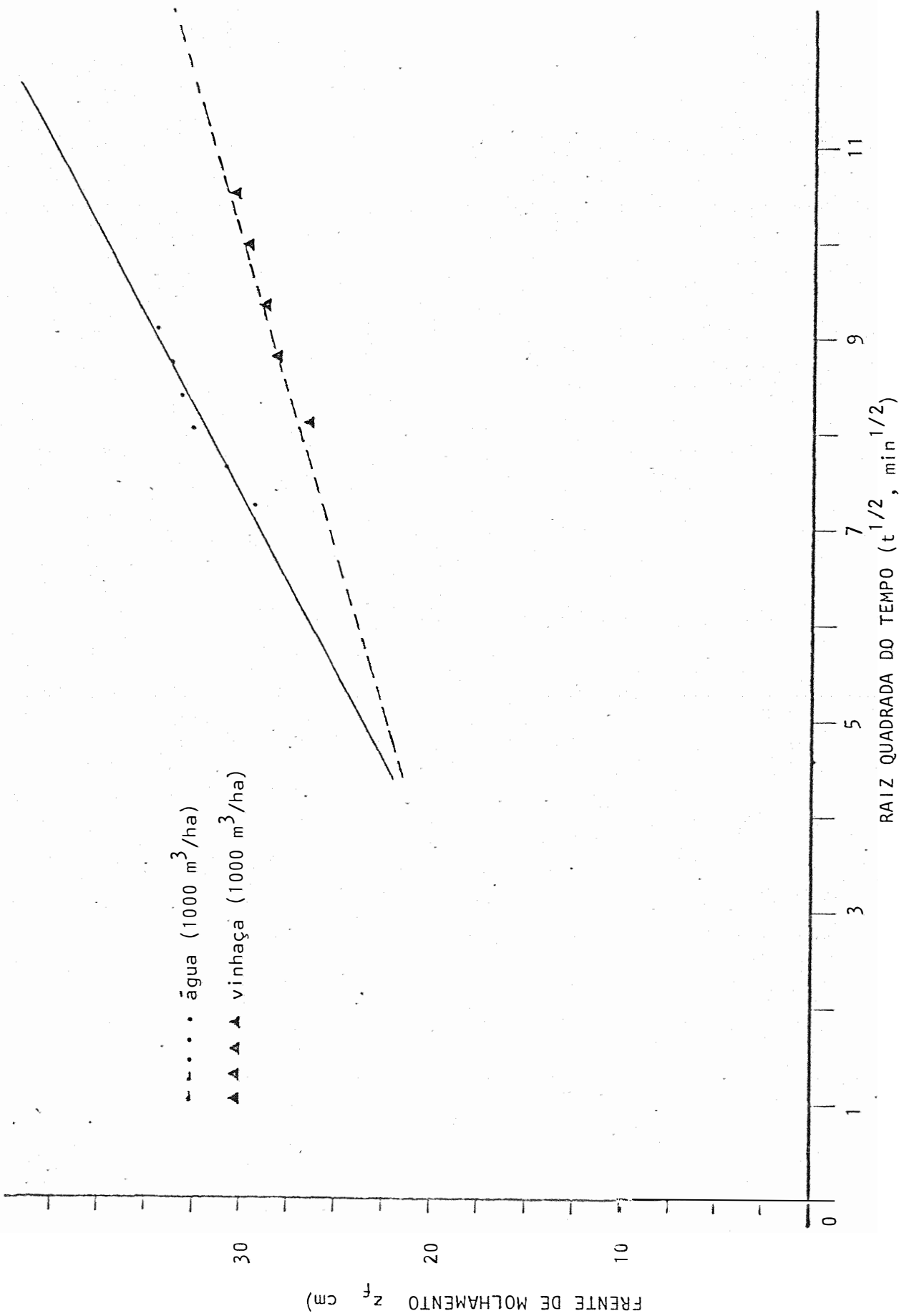


FIGURA 10 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de água em colunas de solo tratadas previamente com 1000 m 3 /ha de água e 1000 m 3 /ha de vinhaça.

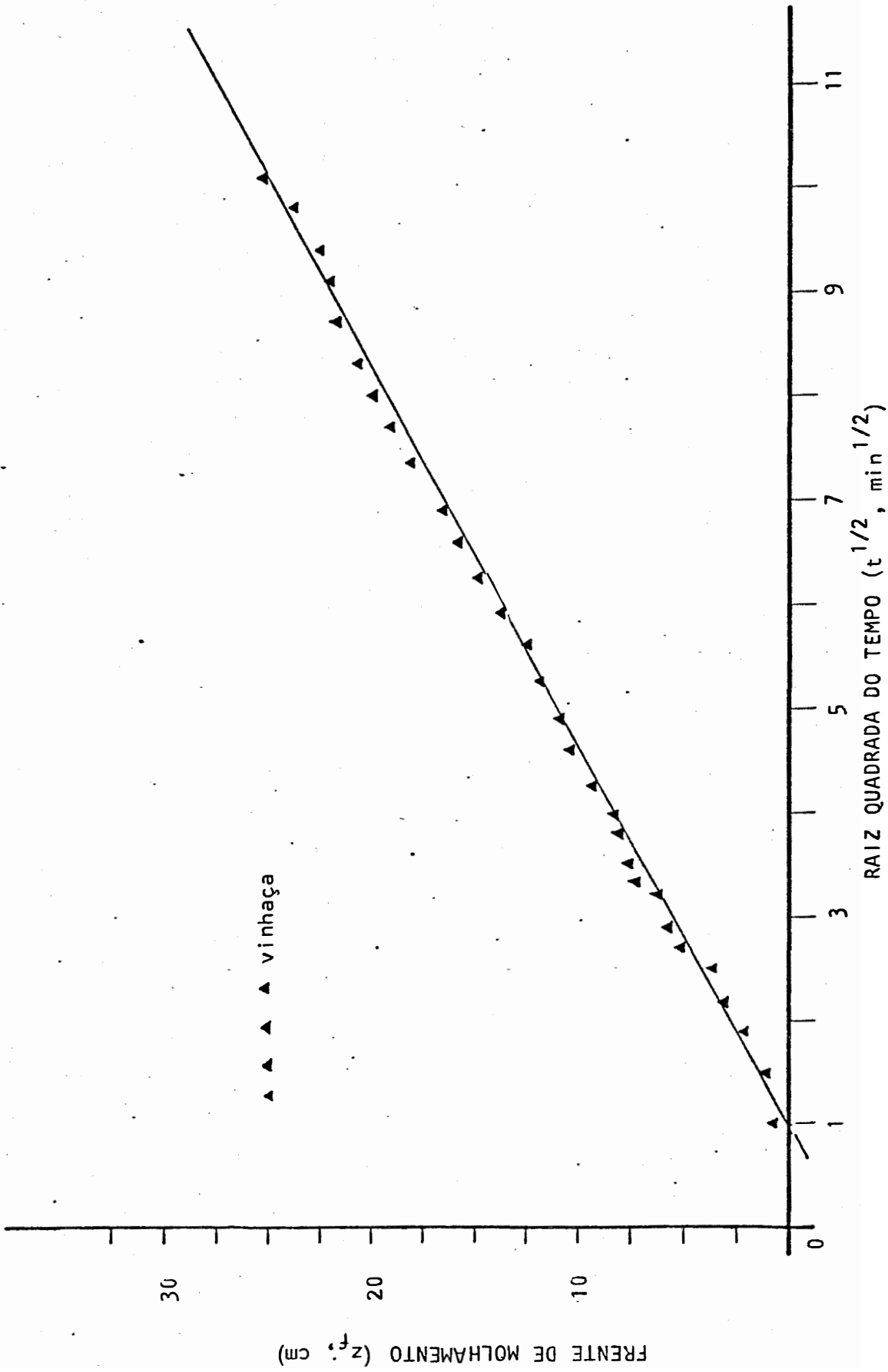


FIGURA 11 - Espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) em função da raiz quadrada do tempo decorrido ($t^{1/2}$) para infiltração vertical de vinhaça em coluna de solo testemunha (sem tratamento prévio com água ou vinhaça):

TABELA 19 - Equação representativa do espaço percorrido pela frente de mo-
lhamento (z_f), em função da raiz quadrada do tempo decorrido
 $t^{1/2}$, para os diversos tratamentos estabelecidos através do a
juste de dados das Tabelas de número 5 a 18.

Tratamento	Equação $z_f \times t^{1/2}$	r^2
A	$z_f = -2,7510 + 3,7715 \times t^{1/2}$	0,9939
B	$z_f = -1,2186 + 3,000 \times t^{1/2}$	0,9914
C	$z_f = -1,0997 + 2,7400 \times t^{1/2}$	0,9939
D	$z_f = -0,0394 + 3,1409 \times t^{1/2}$	0,9946
E	$z_f = -0,6749 + 2,9744 \times t^{1/2}$	0,9944
F	$z_f = -1,2086 + 3,1505 \times t^{1/2}$	0,9975
G	$z_f = -2,9635 + 3,2079 \times t^{1/2}$	0,9950
H	$z_f = -0,4674 + 3,2220 \times t^{1/2}$	0,9664
I	$z_f = +1,3569 + 2,1828 \times t^{1/2}$	0,9706
J	$z_f = +0,5627 + 3,7198 \times t^{1/2}$	0,9846
K	$z_f = +0,8381 + 2,9939 \times t^{1/2}$	0,9968
L	$z_f = +10,1420 + 2,5360 \times t^{1/2}$	0,9511
M	$z_f = +15,5146 + 1,3143 \times t^{1/2}$	0,9879
N	$z_f = -2,5063 + 2,667 \times t^{1/2}$	0,9972

4.1.2. Taxa de infiltração em função do tempo decorrido e condutividade saturada do solo (K_0)

Com os valores medidos do volume de água que entrou no solo (V , cm^3), da área da secção transversal da coluna (A , cm^2) e o tempo decorrido (t , min), calcularam-se os valores da taxa de infiltração (i , cm/min) e a infiltração acumulada (Q , cm). Estes dados provenientes das diversas observações realizadas, em conformidade com os tratamentos estabelecidos, estão nas Tabelas de números 5 a 18 (ver Apêndice).

Para melhor extrapolação dos valores da condutividade hidráulica saturada K_0 , testou-se a equação de infiltração de KOSTIAKOV (1932), para proporcionar uma melhor estimativa de valores e a obtenção de um maior número de pontos para o traçado do referido gráfico. Para tanto, procedeu-se inicialmente a uma análise de regressão linear entre o logaritmo neperiano da taxa de infiltração i e o logaritmo neperiano do tempo decorrido t , e, posteriormente, a partir desta, elaborou-se a equação de infiltração para cada tratamento (ver Tabela 21). Com estes dados, foram confeccionados os gráficos $i \times t$, e a partir dos mesmos, estimados os valores médios da condutividade saturada (K_0) para cada tratamento (média dos quatro últimos valores coletados experimentalmente). Os referidos gráficos estão nas Figuras 12 a 25.

Os valores médios da condutividade saturada (K_0) para cada tratamento, obtidos através dos gráficos $i \times t$, estão na Tabela 22. Com estes valores, elaborou-se o gráfico da condutividade saturada (K_0) versus as dosagens de água/vinhaça, o qual se encontra na Figura 26.

TABELA 20 - Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2), para os diversos tratamentos estabelecidos através do ajuste dos dados de taxa de infiltração (i cm/min) e tempo decorrido (t /min), apresentados nas tabelas de número 5 a 18.

Tratamento	Equação de Regressão	r^2
A	$\ln i = 0,015 - 0,5208 \ln t$	0,9732
B	$\ln i = 0,0332 - 0,5883 \ln t$	0,9254
C	$\ln i = -0,2307 - 0,5603 \ln t$	0,9475
D	$\ln i = -0,4346 - 0,4314 \ln t$	0,9553
E	$\ln i = -0,4296 - 0,4830 \ln t$	0,9849
F	$\ln i = -0,4433 - 0,4280 \ln t$	0,9222
G	$\ln i = -0,4562 - 0,4342 \ln t$	0,9698
H	$\ln i = -0,8574 - 0,3900 \ln t$	0,9181
I	$\ln i = -1,0507 - 0,5157 \ln t$	0,9166
J	$\ln i = -1,0809 - 0,3736 \ln t$	0,9611
K	$\ln i = -1,1937 - 0,4296 \ln t$	0,9514
L	$\ln i = -1,2580 - 0,3647 \ln t$	0,8590
M	$\ln i = -1,2150 - 0,4926 \ln t$	0,9449
N	$\ln i = -0,3577 - 0,5272 \ln t$	0,8435

TABELA 21 - Equações de infiltração segundo o modelo de KOSTIAKOV (1932), para os diversos tratamentos estabelecidos, obtidas a partir das equações de regressão apresentadas na Tabela 20 sendo i = taxa de infiltração (cm/min) e t = tempo decorrido (min).

Tratamento	Equações de Infiltração
A	$i = 1,015 t^{-0,5208}$
B	$i = 1,0337 t^{-0,5883}$
C	$i = 0,7940 t^{-0,5603}$
D	$i = 0,6475 t^{-0,4314}$
E	$i = 0,6508 t^{-0,4830}$
F	$i = 0,6419 t^{-0,4280}$
G	$i = 0,634 t^{-0,4342}$
H	$i = 0,4243 t^{-0,3900}$
I	$i = 0,3496 t^{-0,5157}$
J	$i = 0,3393 t^{-0,3736}$
K	$i = 0,3030 t^{-0,4296}$
L	$i = 0,2842 t^{-0,3647}$
M	$i = 0,2967 t^{-0,4926}$
N	$i = 0,6993 t^{-0,5272}$

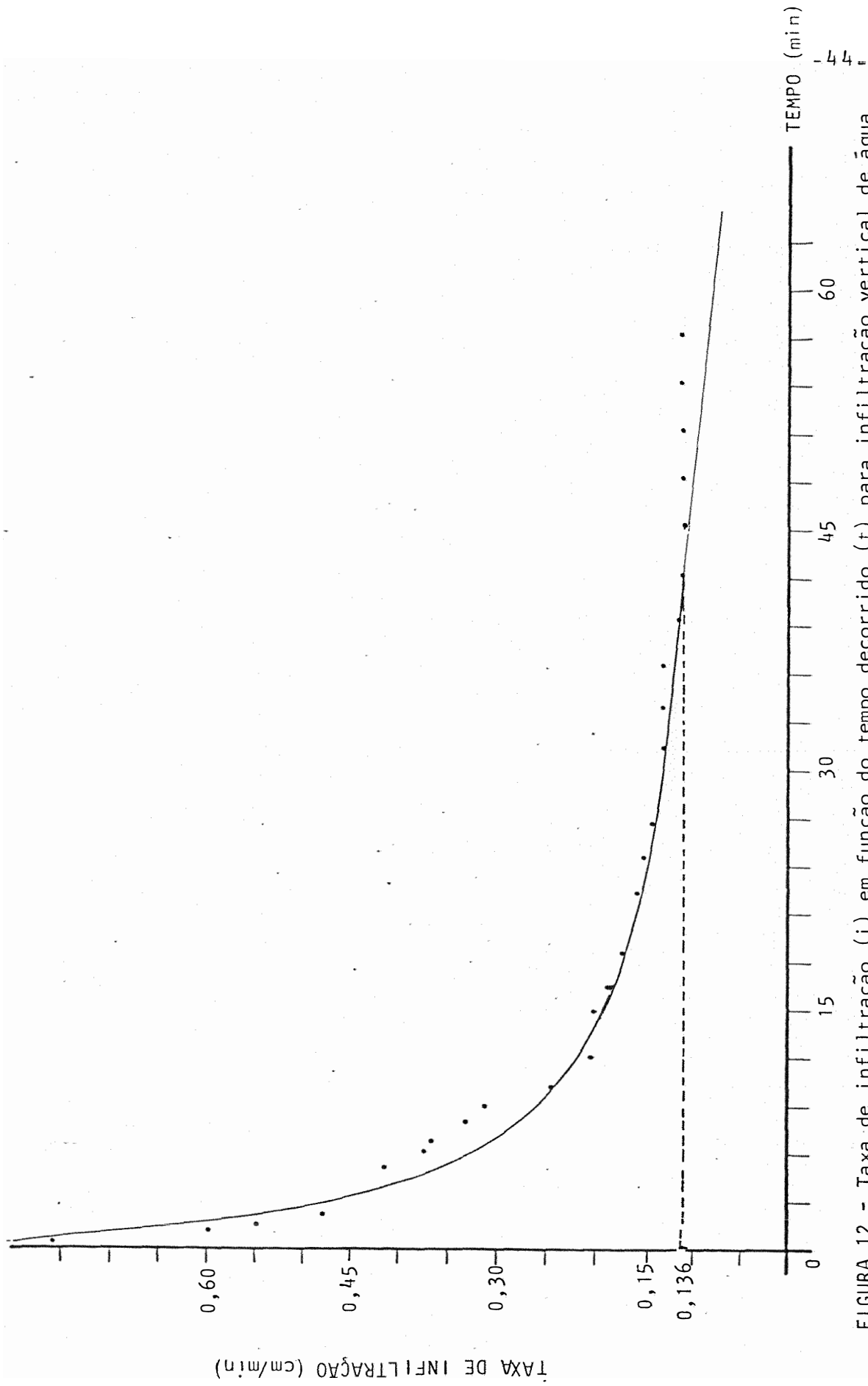


FIGURA 12 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo testemunha (sem tratamento prévio com água ou vinhaça).

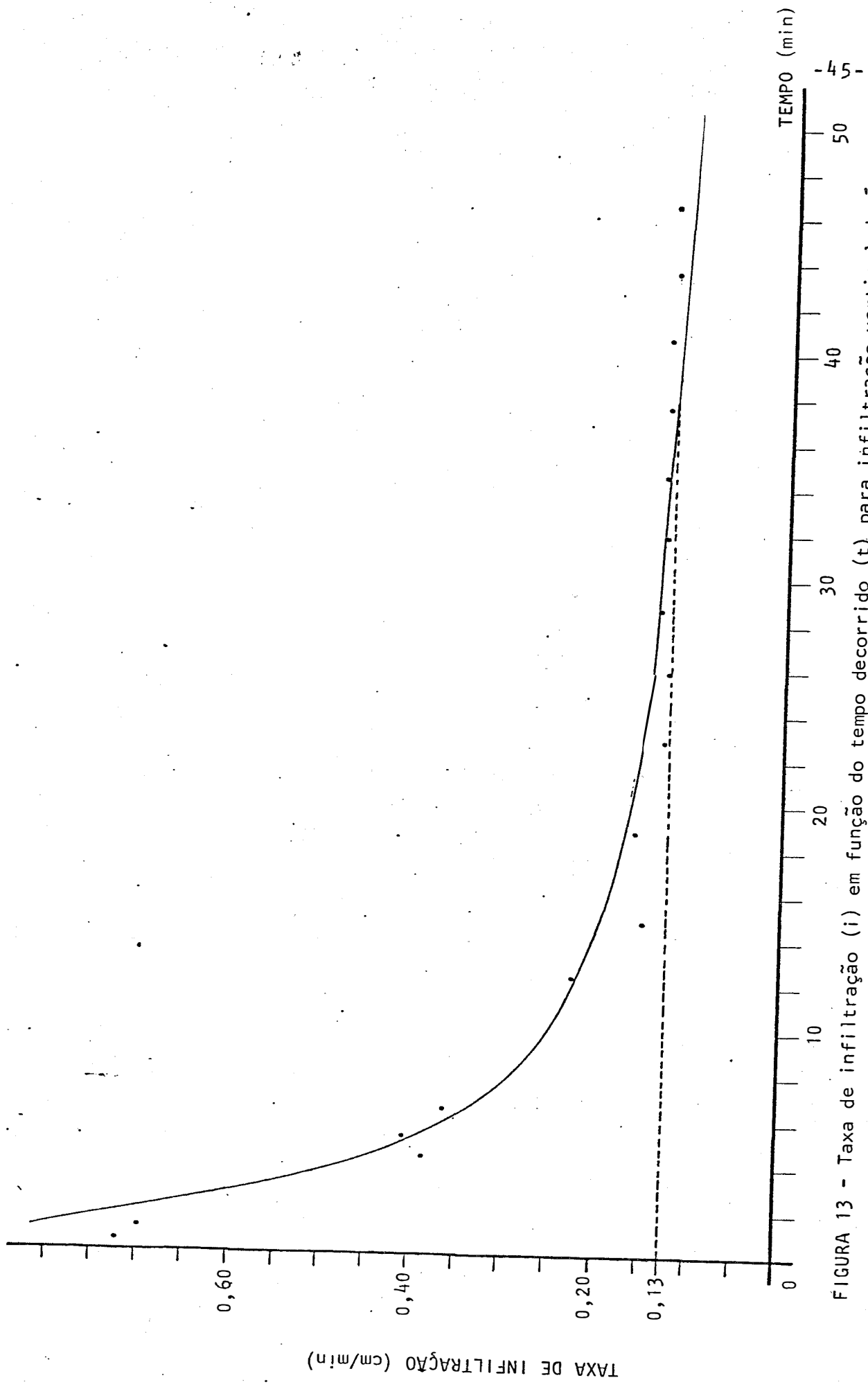


FIGURA 13 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 100 m^3 de água/ha.

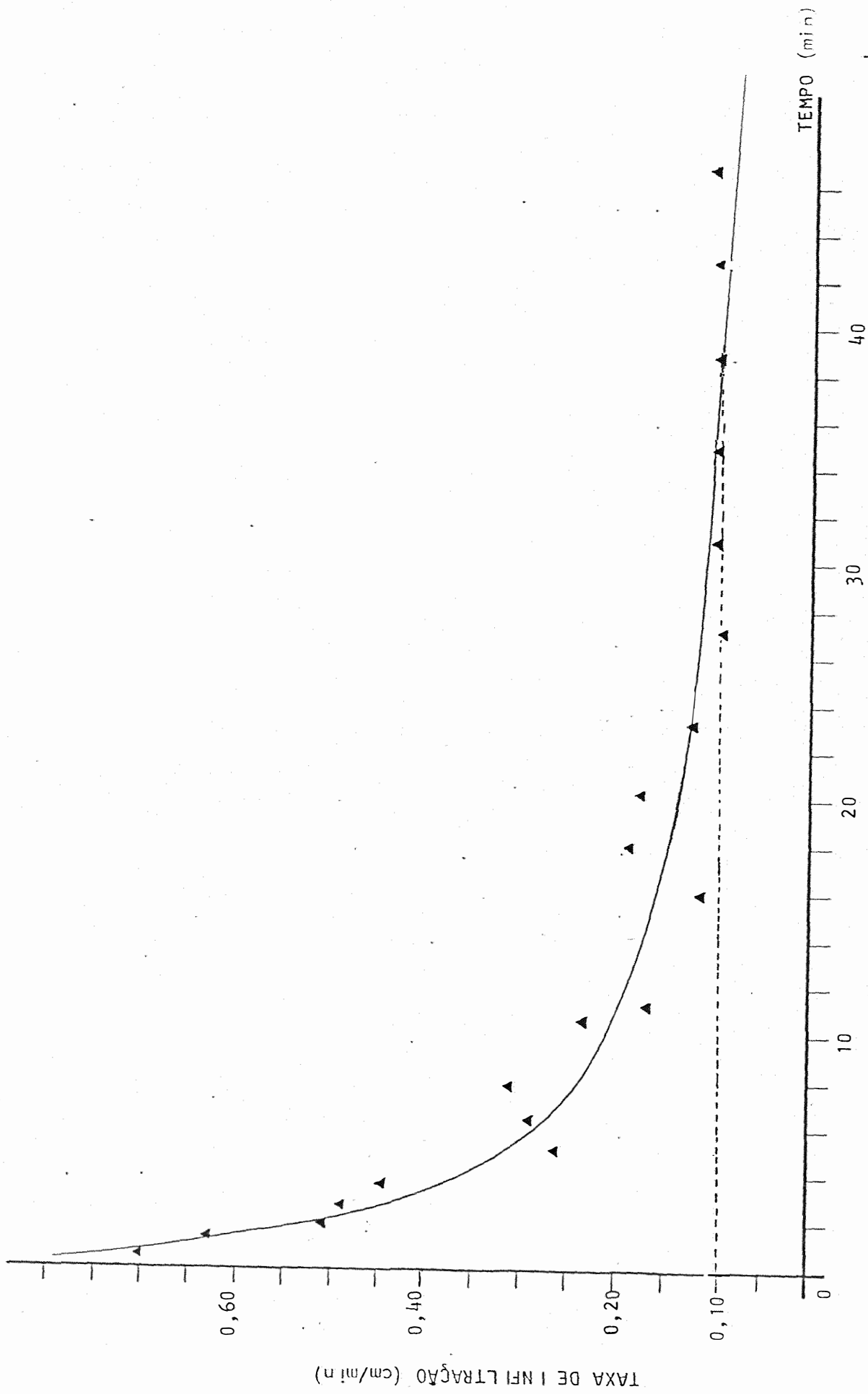


FIGURA 14 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 100 m³ de vinhaça/ha.

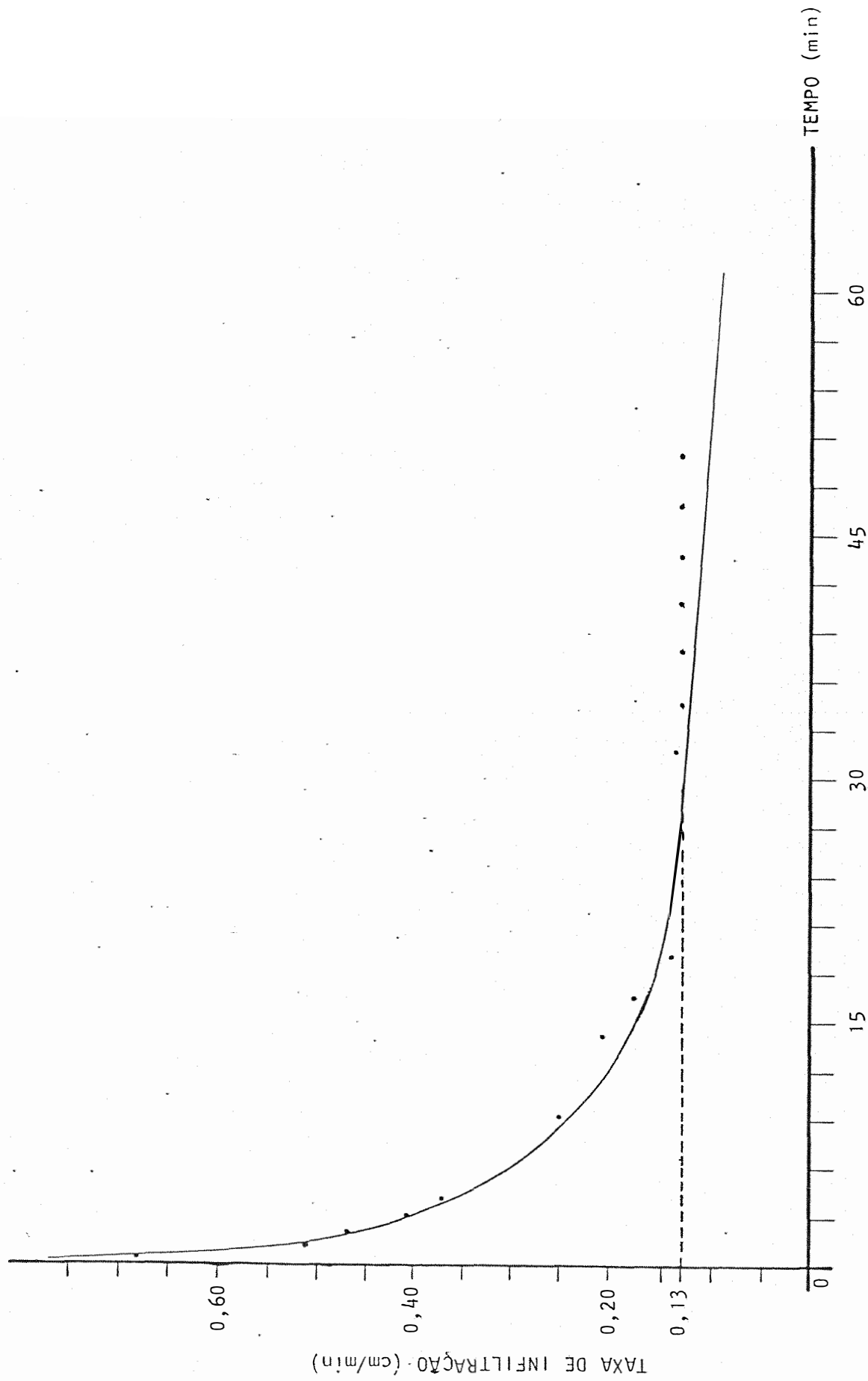


FIGURA 15 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 200 m³ de água/ha.

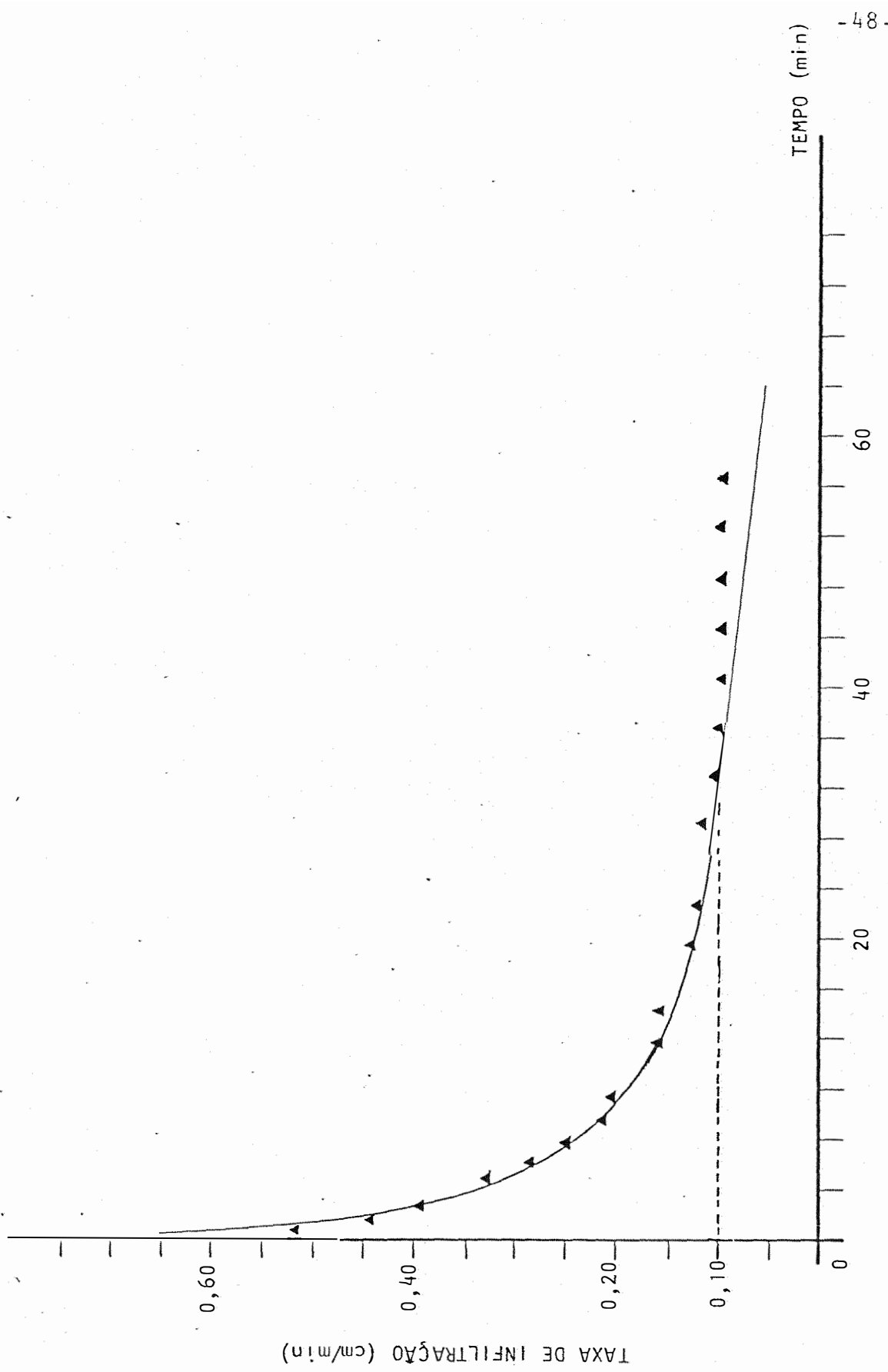


FIGURA 16.- Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 200 m³ de vinhaça/ha.

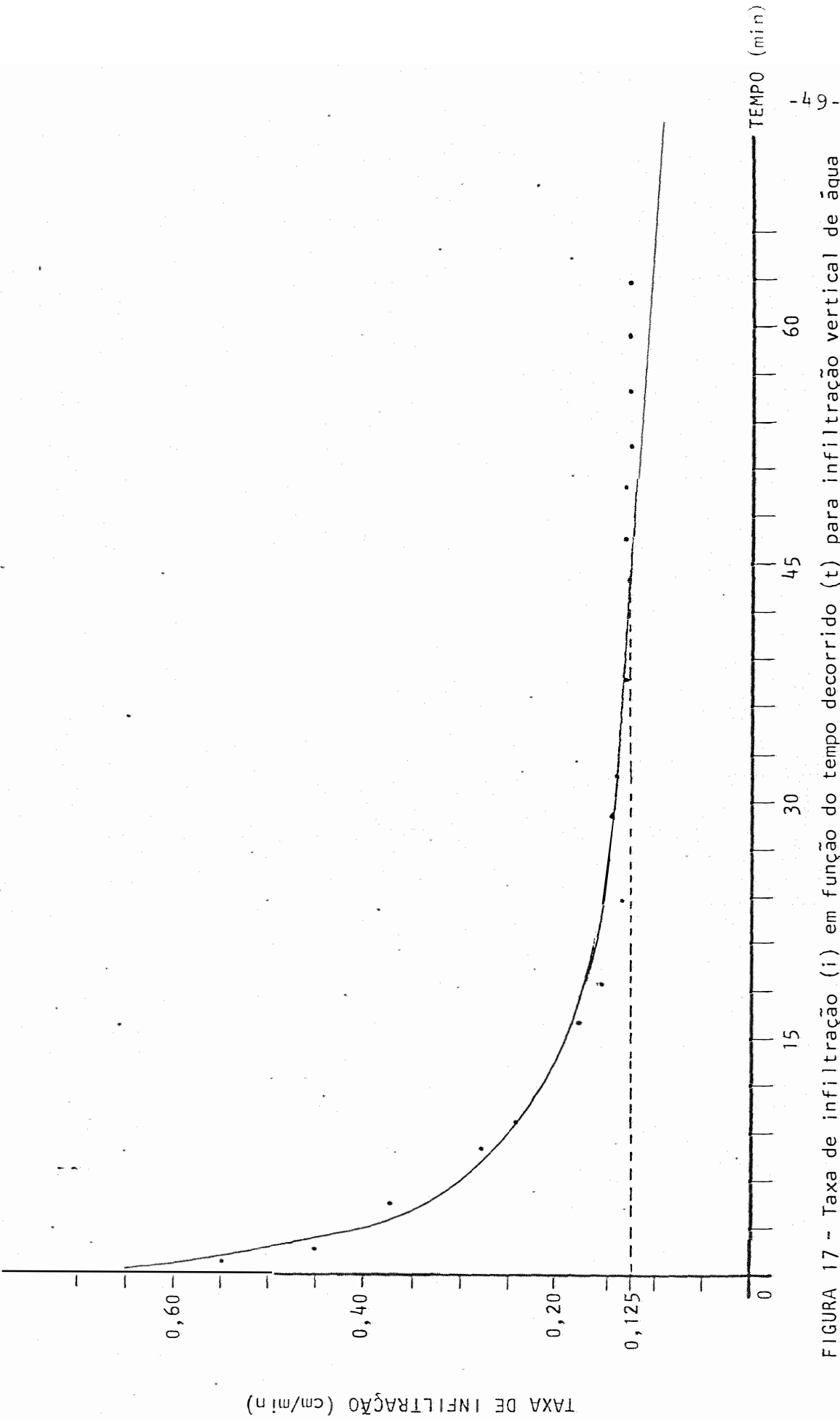


FIGURA 17 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 400 m³ de água/ha.

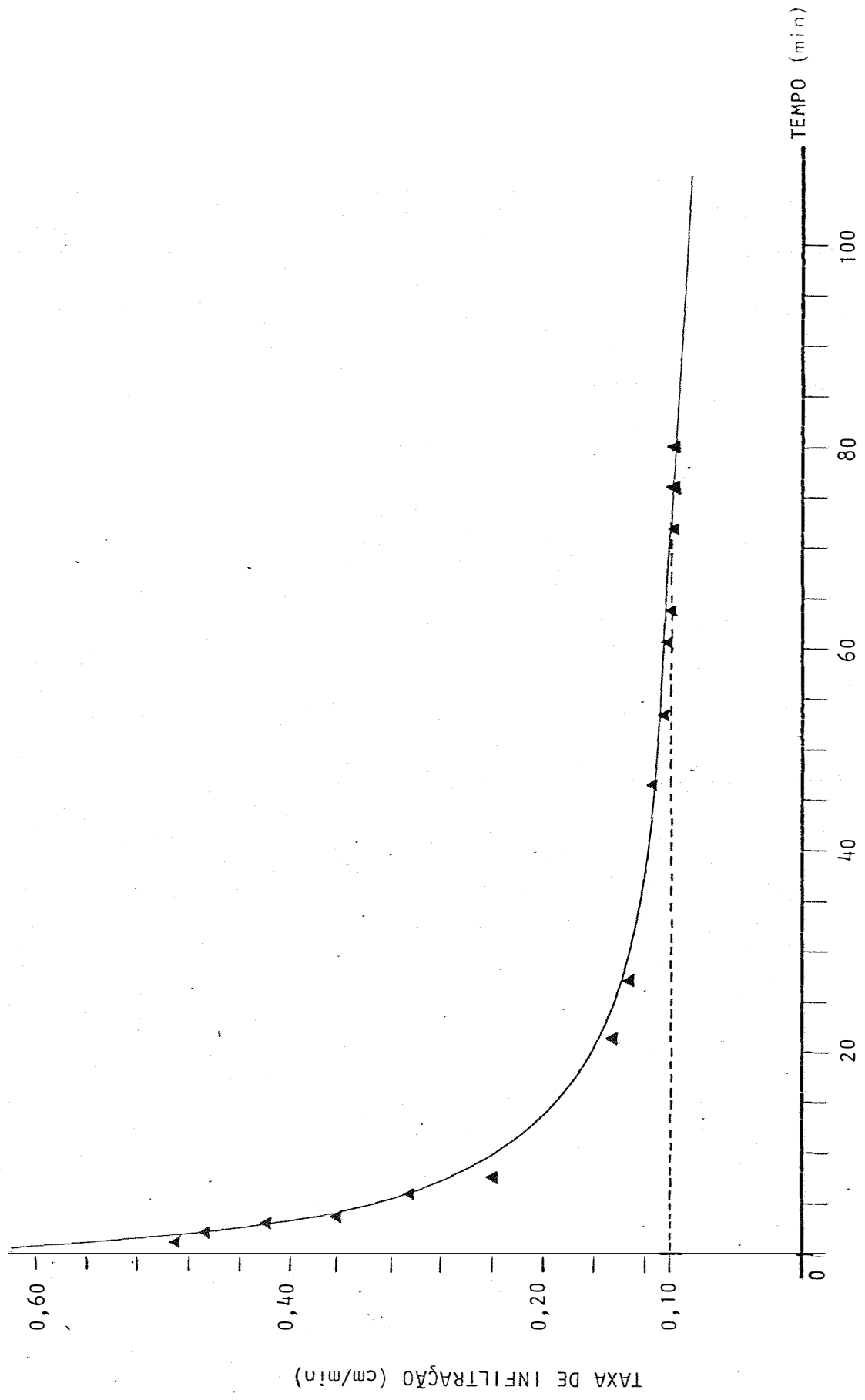


FIGURA 18 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 400 m^3 de vinhaça/ha.

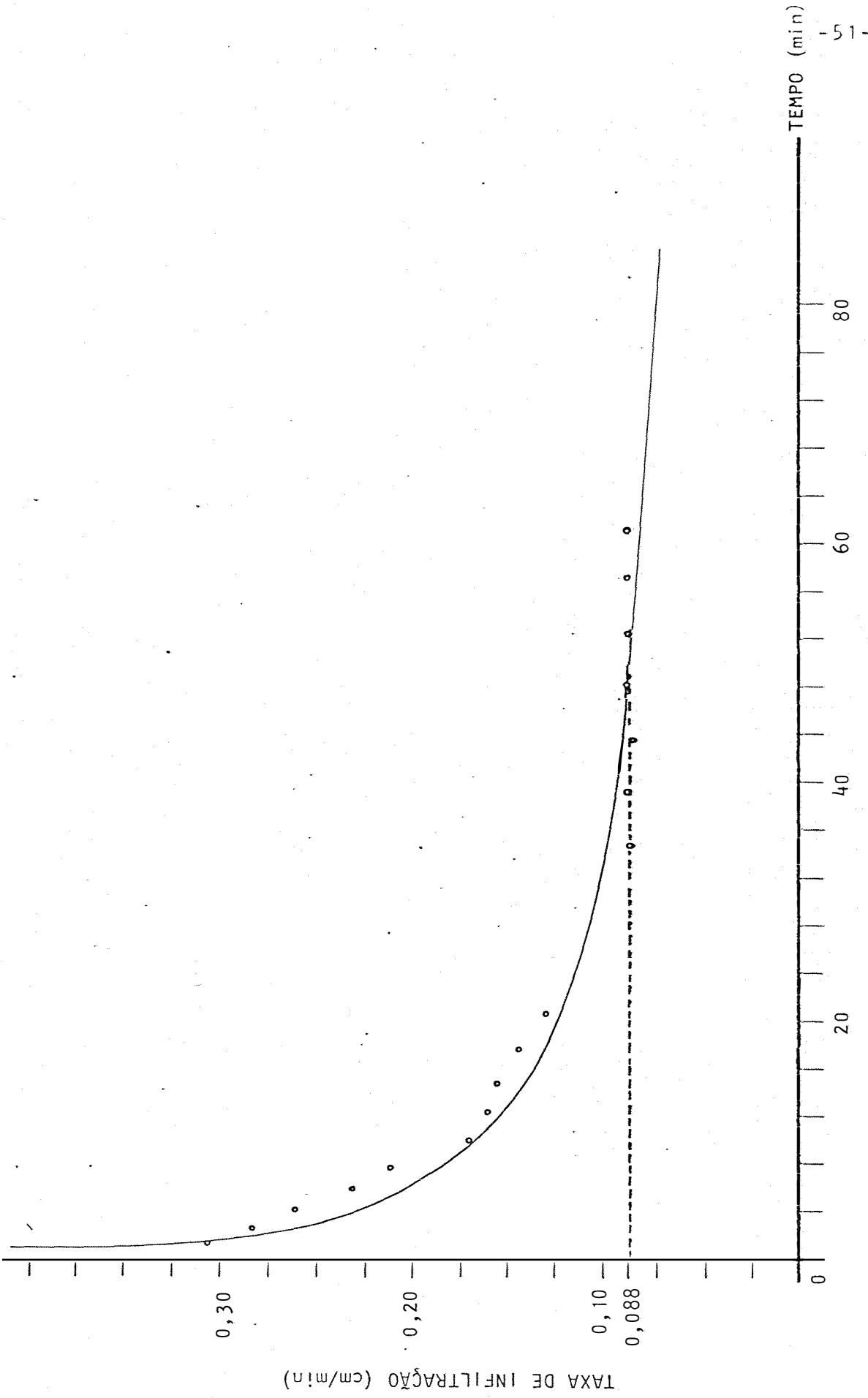


FIGURA 19 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 600 m³ de água/ha.

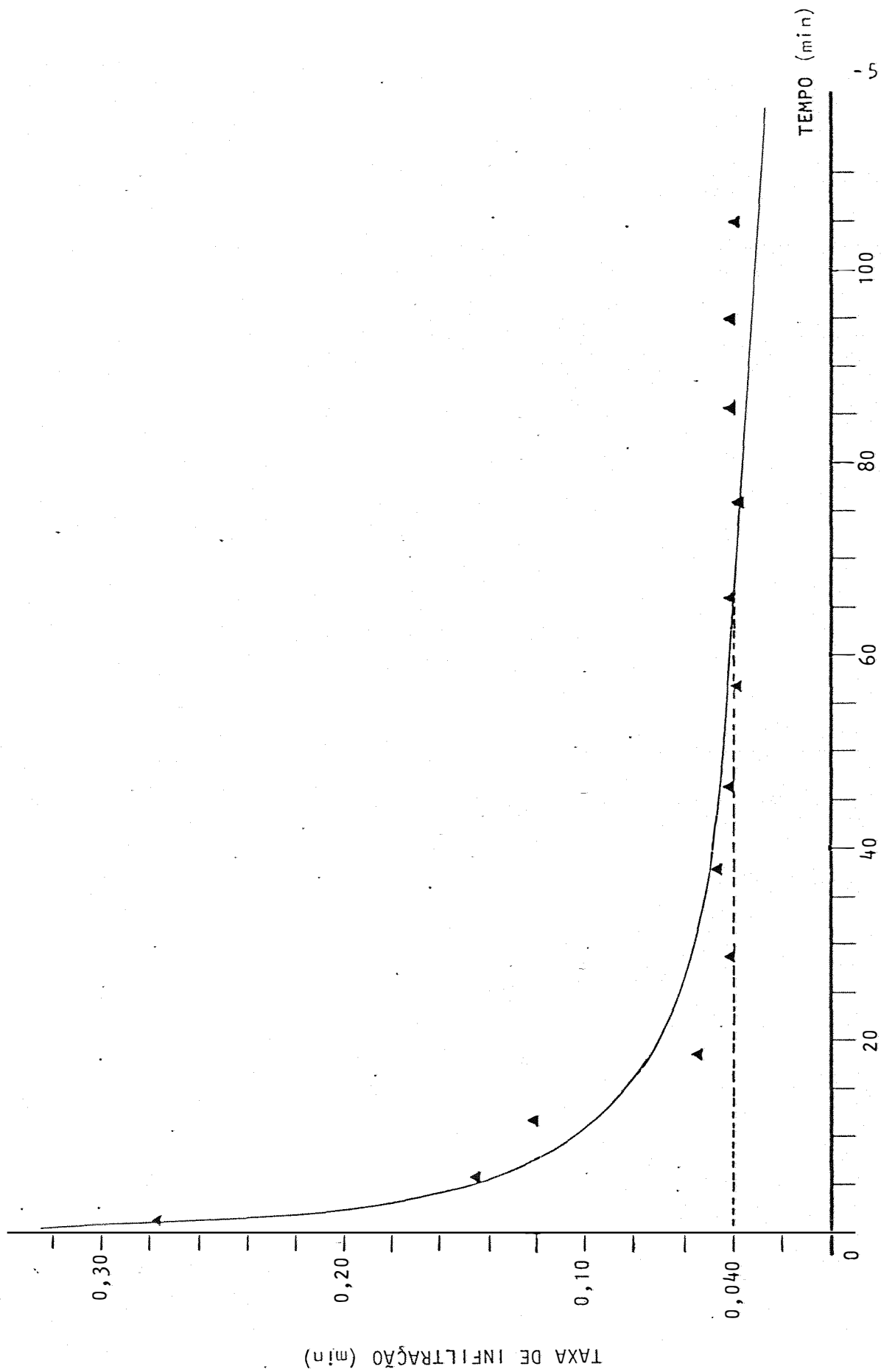


FIGURA 20 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 600 m³ de vinhaça/ha.

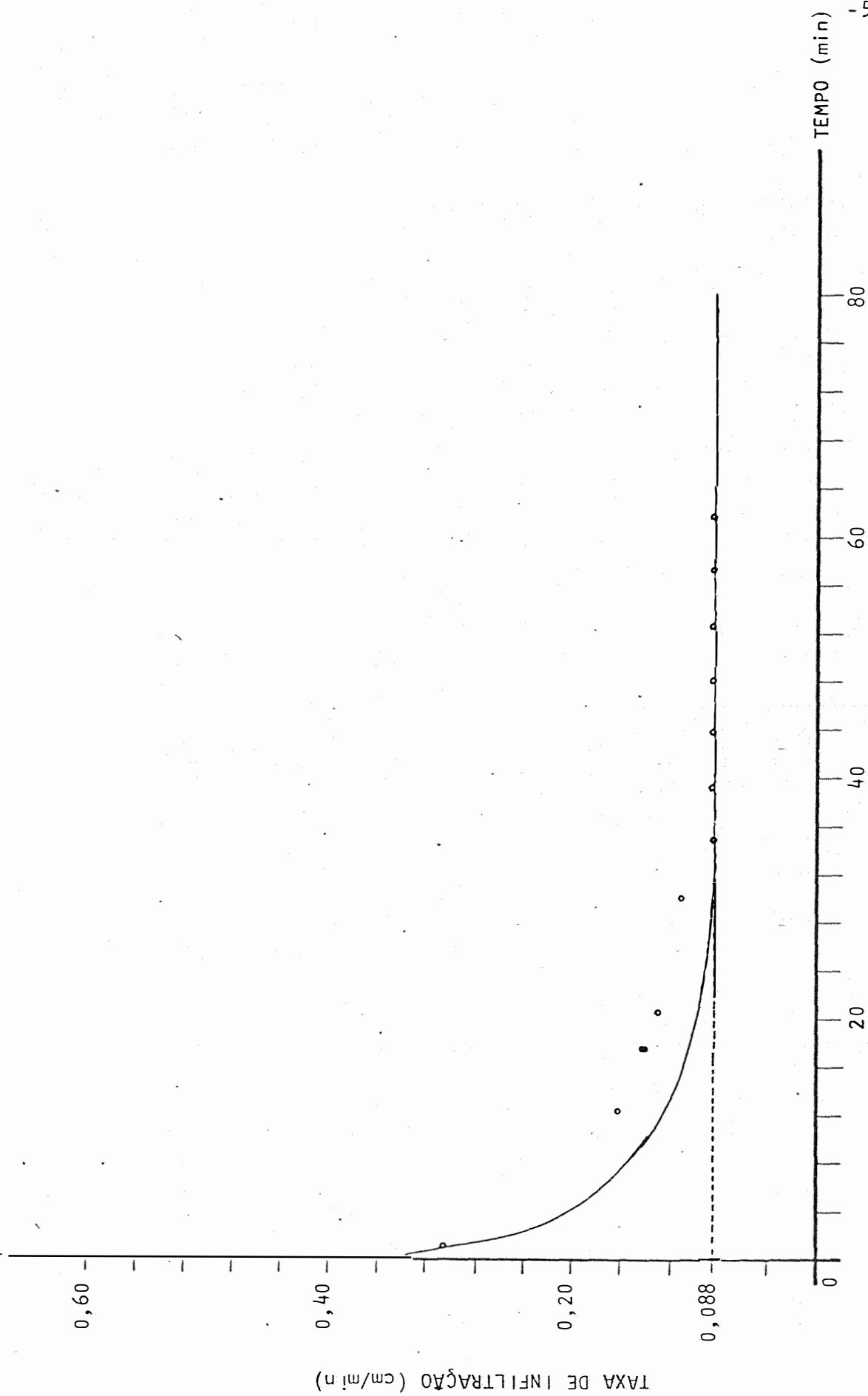


FIGURA 21 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 800 m^3 de água/ha.

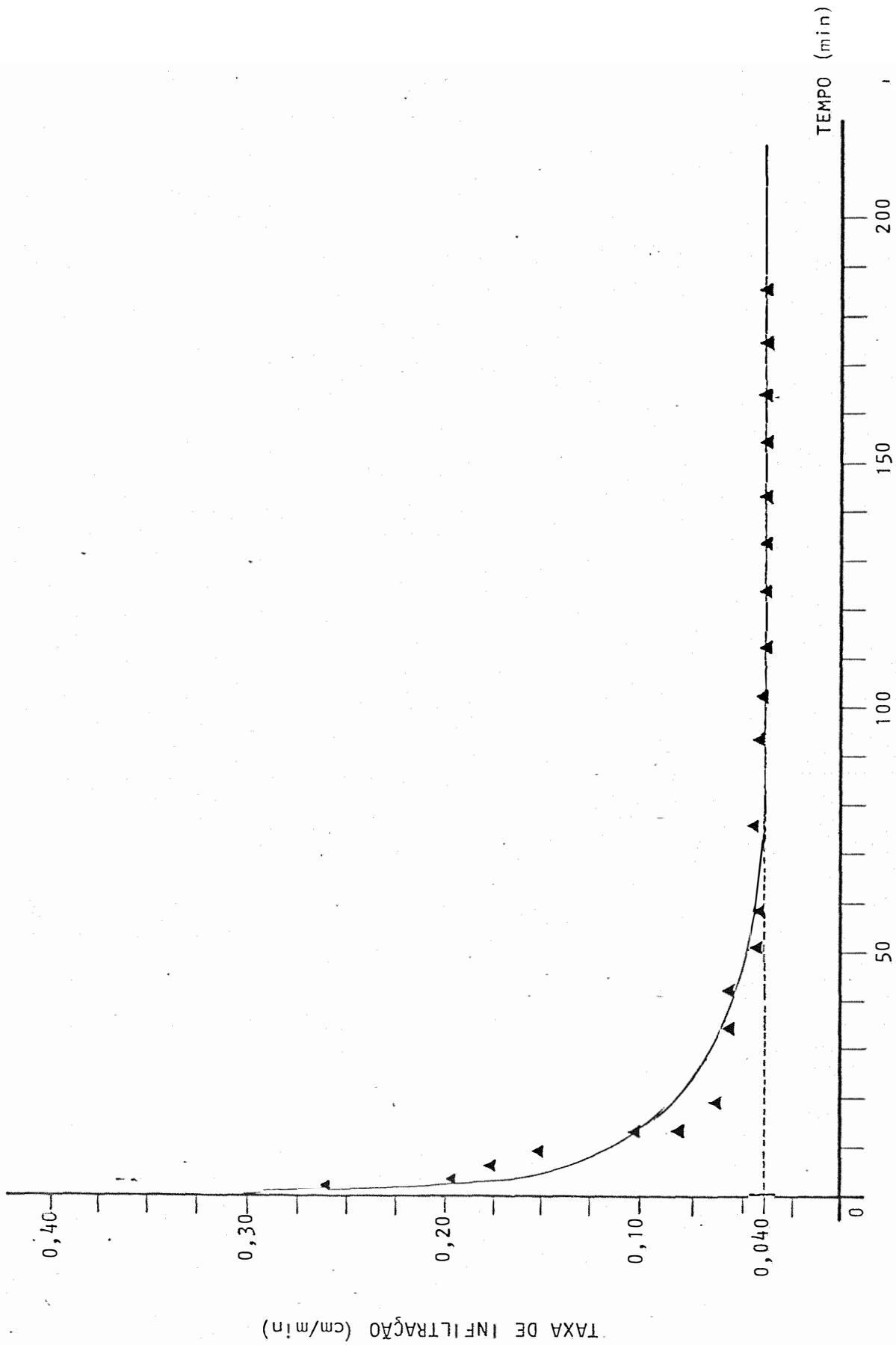


FIGURA 22 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 800 m³ de vinhaça/ha.

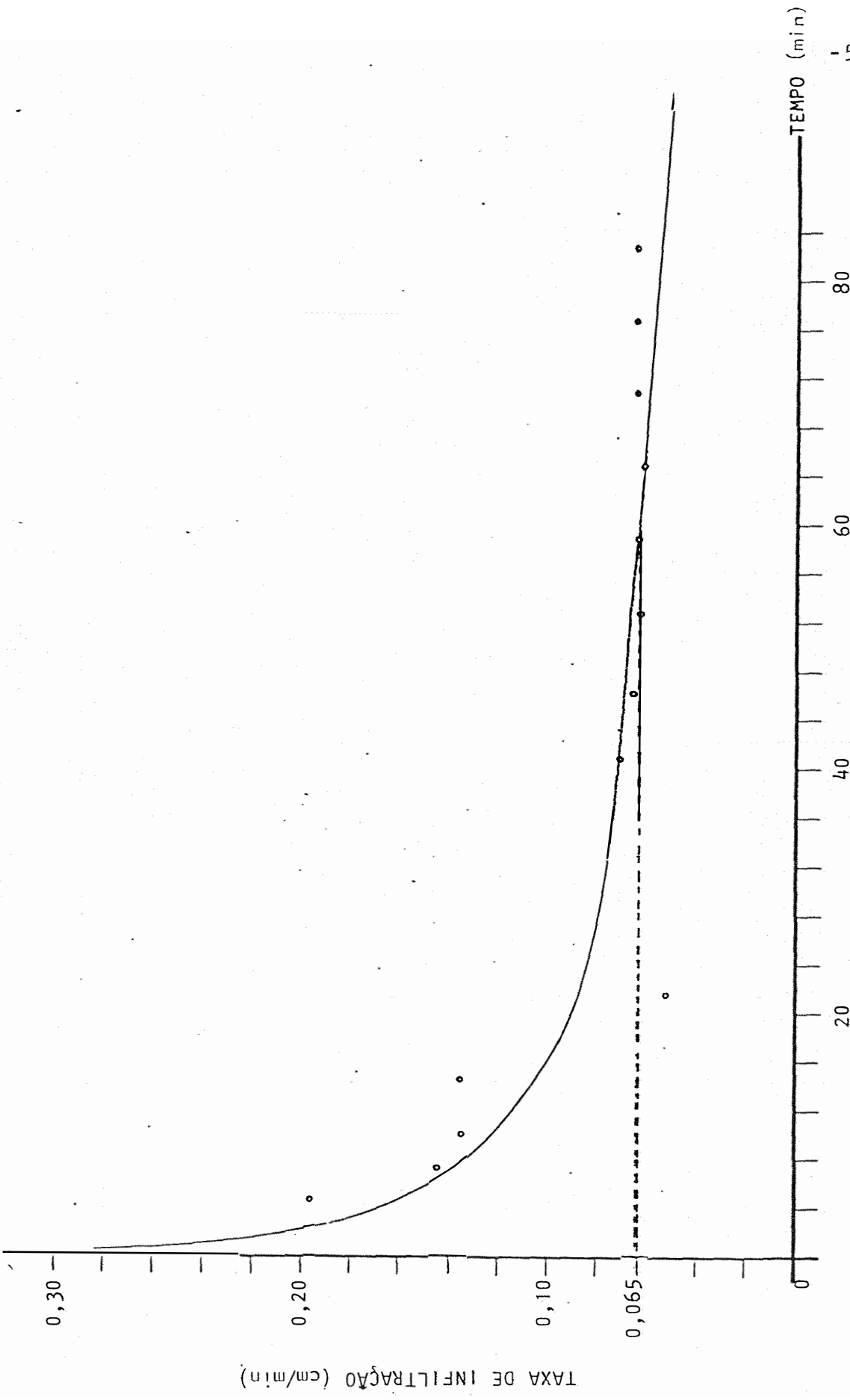


FIGURA 23 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 1000 m^3 de água/ha.

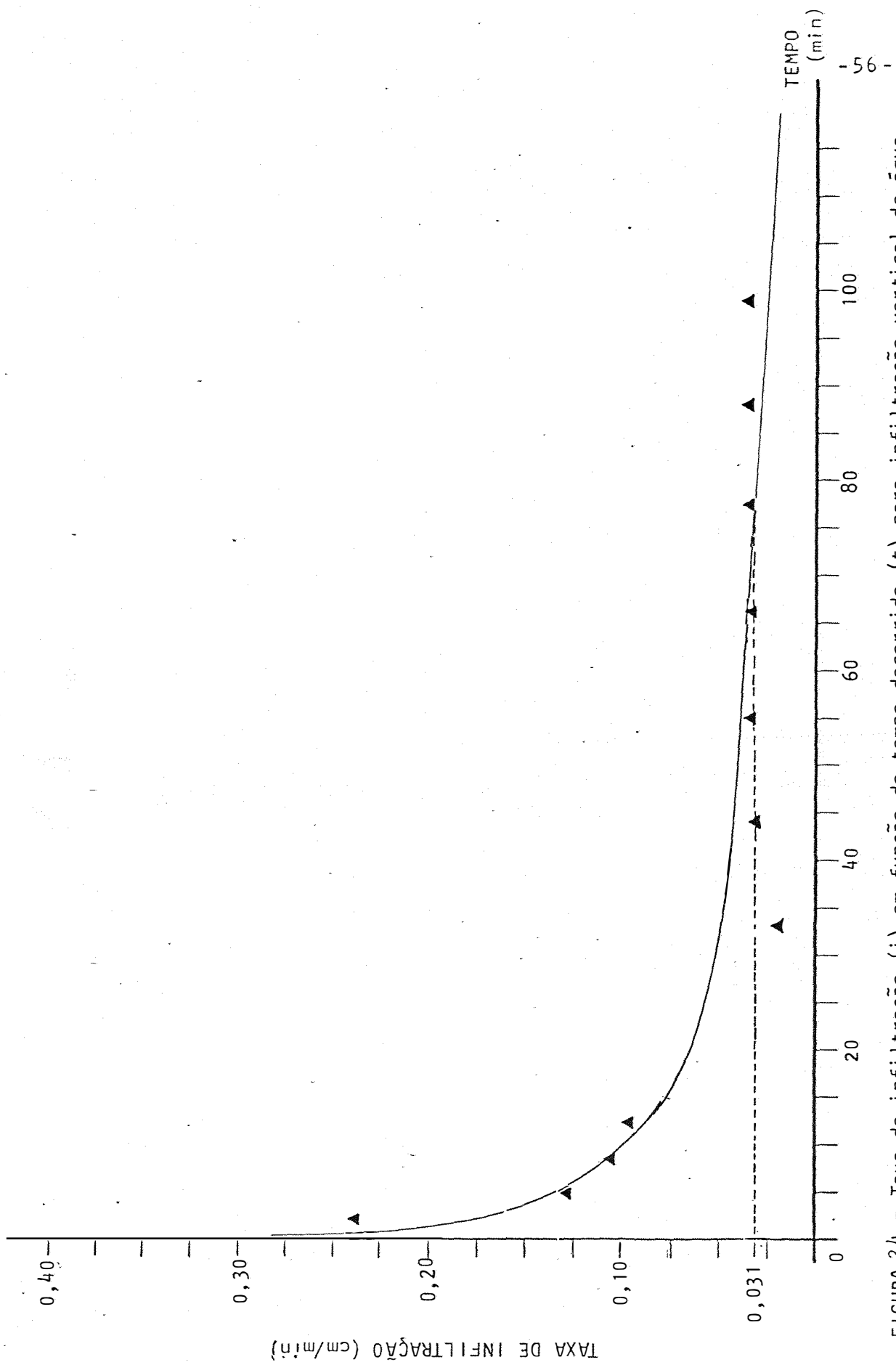


FIGURA 24 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo tratada com 1000 m³ de vinhaça/ha.

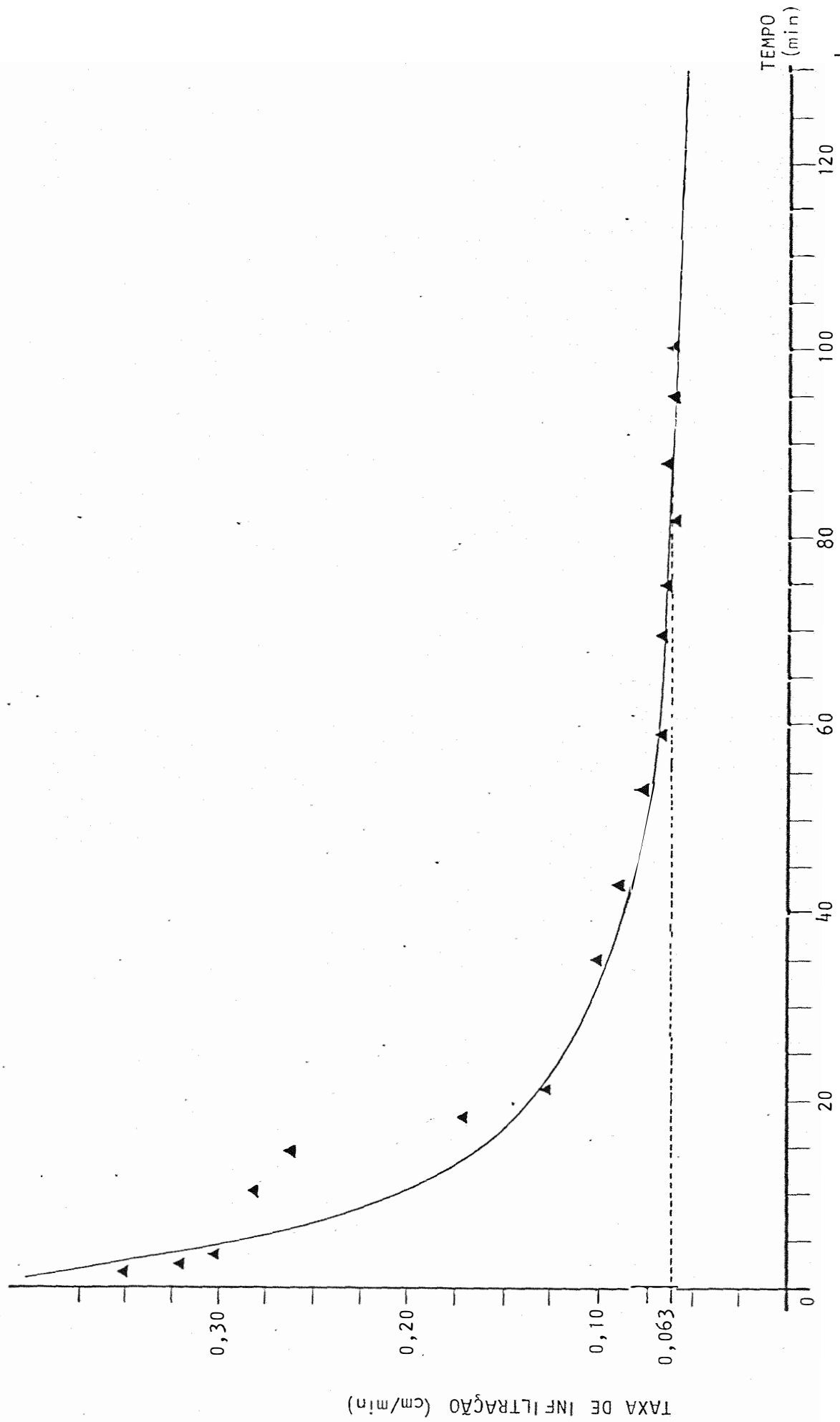


FIGURA 25 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de vinhaça em coluna de solo testemunha (sem tratamento prévio com água ou vinhaça).

TABELA 22 - Valores médios da condutividade hidráulica saturada K_o (em cm/min e cm/h), em Latossolo Roxo distrófico, para cada tratamento, obtidos através do gráfico da taxa de infiltração versus o tempo decorrido.

Tratamento	K_o (cm/min)	K_o (cm/h)
A	0,136	8,160
B	0,130	7,800
C	0,100	6,000
D	0,130	7,800
E	0,100	6,000
F	0,125	7,500
G	0,100	6,000
H	0,088	5,280
I	0,040	2,400
J	0,088	5,280
K	0,040	2,400
L	0,065	3,900
M	0,031	1,860
N	0,063	3,780

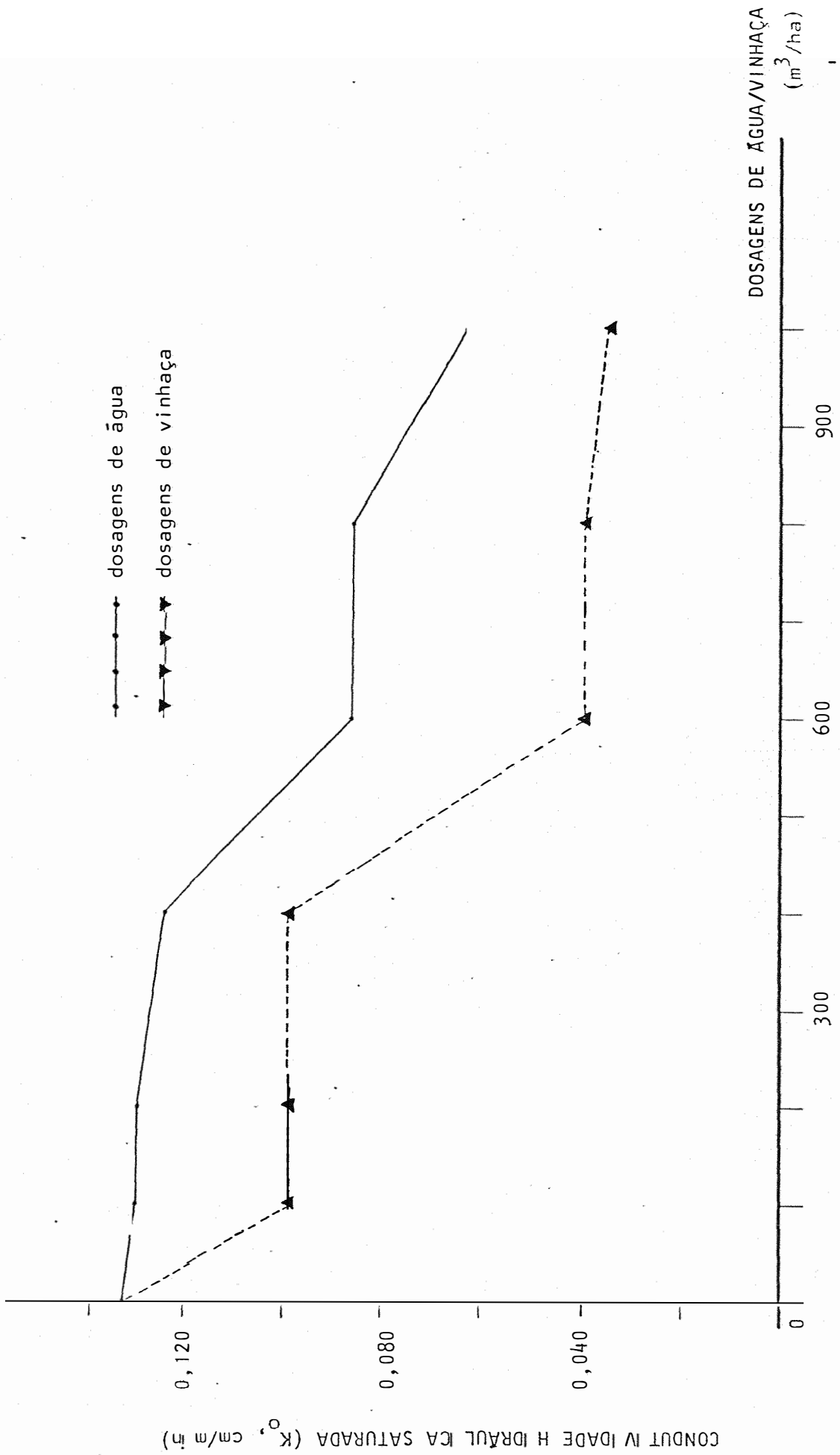


FIGURA 26 - Condutividade hidráulica saturada (K_0) em função das dosagens de água/vinhaça aplicadas em colunas de solo homogêneas, obtidos através dos gráficos da taxa de infiltração (i) versus o tempo decorrido (t).

4.2. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo

Foi utilizado o mesmo procedimento descrito no item 4.1.1. Foram calculados os valores da taxa de infiltração i (cm/min) e a infiltração acumulada Q (cm). Estes dados provenientes das diversas observações realizadas, estão nas Tabelas 23 a 25 (ver Apêndice): Ajustaram-se aos dados de cada tratamento uma reta de regressão linear $\ln i \times \ln t$ (tabela 26) e, a partir das mesmas, elaborou-se respectiva equação de infiltração, segundo o modelo de Kostiaikov (ver Tabela 27). Foram confeccionados os gráficos $i \times t$ e estimados os valores da condutividade saturada (K_0) para os tratamentos estabelecidos. Os referidos gráficos estão nas Figuras 27 a 29. Os valores médios da condutividade saturada (K_0), para cada tratamento, obtidos através do gráfico da taxa de infiltração versus o tempo decorrido ($i \times t$), bem como seu desvio padrão e coeficiente de variação, estão na Tabela 28.

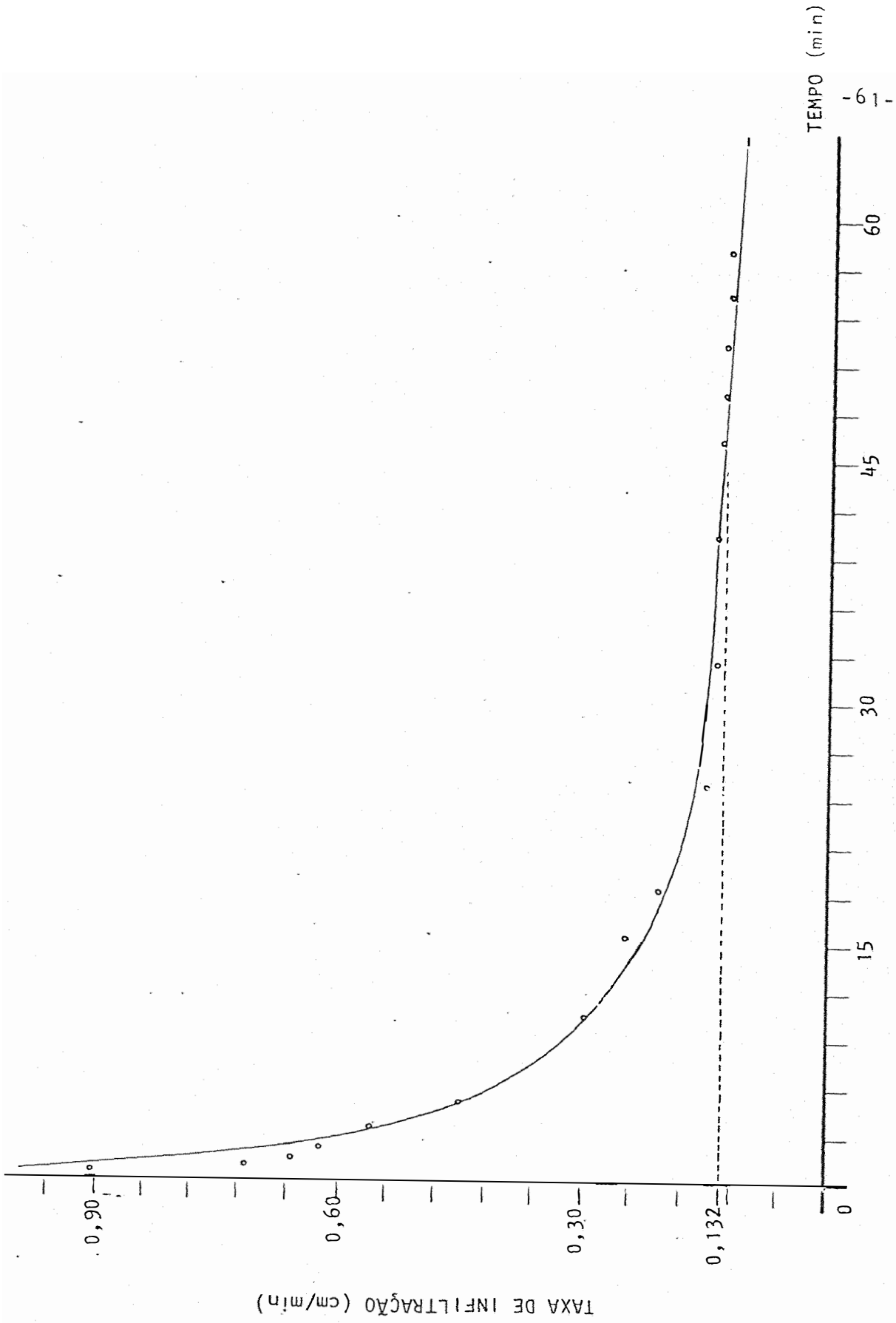


FIGURA 27 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo não tratada previamente com água ou vinhaça.

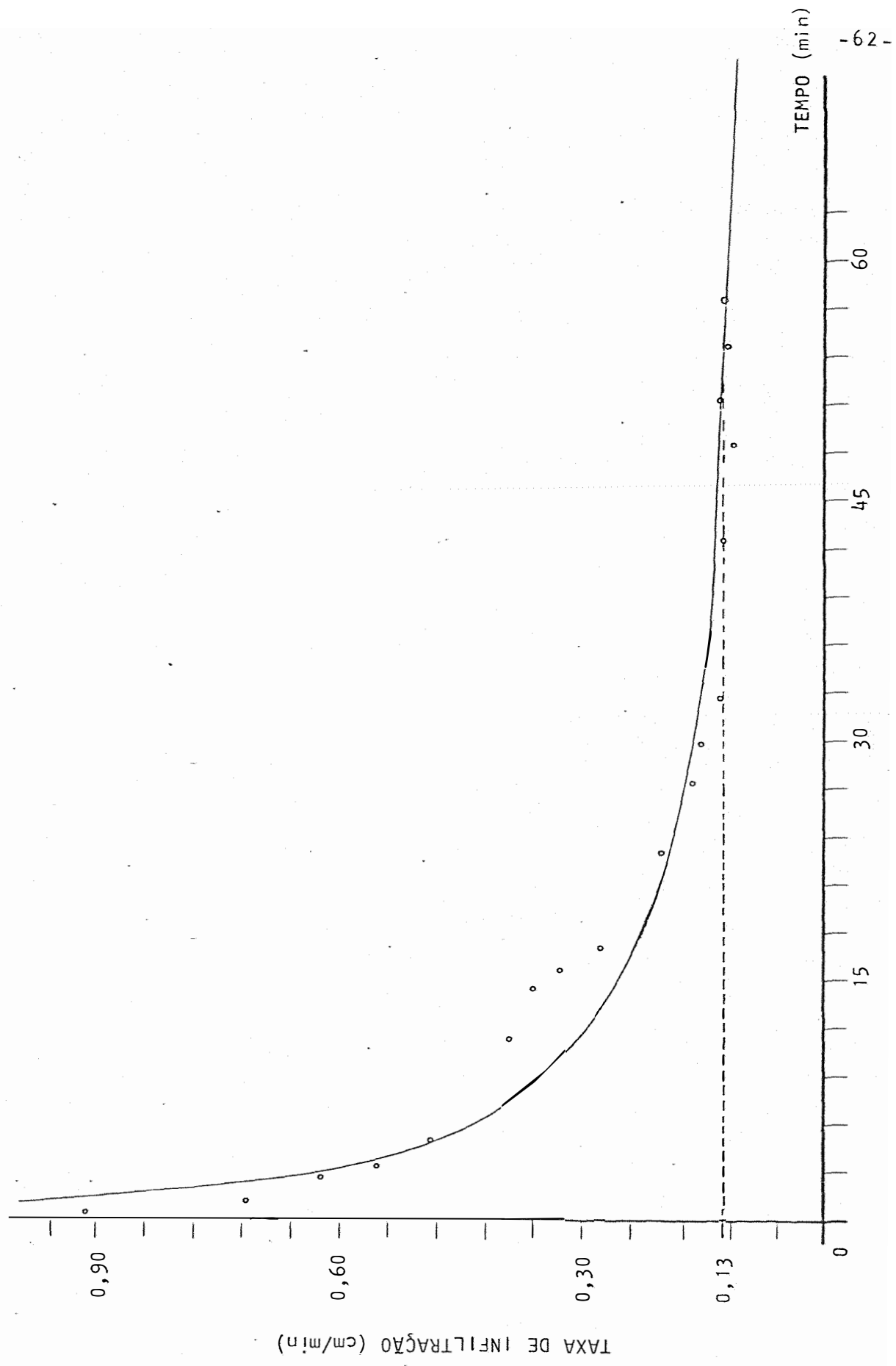


FIGURA 28 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo não tratada previamente com água ou vinhaça.

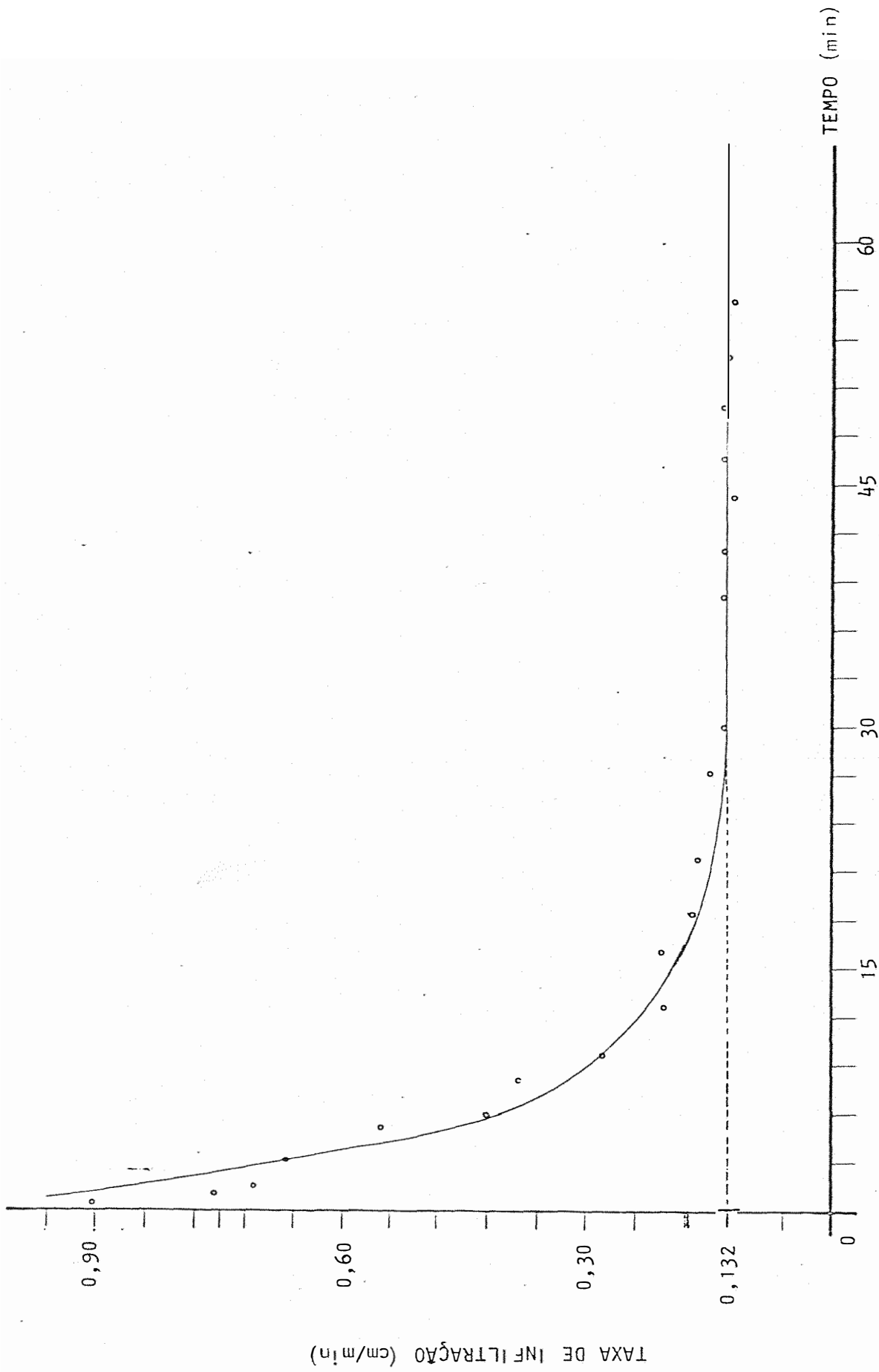


FIGURA 29 - Taxa de infiltração (i) em função do tempo decorrido (t) para infiltração vertical de água em coluna de solo não tratada previamente com água ou vinhaça.

TABELA 26 - Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2), obtidas através do ajuste dos dados de taxa de infiltração (i) e tempo decorrido (t), apresentados nas Tabelas de número 23 a 25.

Tratamento	Equação de Regressão	r^2
0	$\ln i = 0,1348 - 0,5556 \ln t$	0,9189
P	$\ln i = 0,1907 - 0,5982 \ln t$	0,9325
Q	$\ln i = 0,2093 - 0,5529 \ln t$	0,9254

TABELA 27 - Equações de infiltração segundo o modelo de KOSTIAKOV (1932), obtidas a partir das equações de regressão apresentadas na Tabela 26.

Tratamento	Equações de Infiltração
0	$i = 1,1443 t^{-0,5556}$
P	$i = 1,2100 t^{-0,5982}$
Q	$i = 1,2328 t^{-0,5529}$

TABELA 28 - Valores médios da condutividade hidráulica saturada K_o (cm/min e cm/h), seu desvio padrão (G) e coeficiente de variação (CV), em Latossolo Roxo distrófico, para os tratamentos 0, P e Q, obtidos através do gráfico da taxa de infiltração (i) x tempo decorrido (t).

Tratamento	K_o (cm/min)	K_o (cm/h)	G	CV (%)
0	0,132	7,920		
P	0,130	7,800	0,0012	0,897
Q	0,132	7,920		

4.3. Caracterização da função $K(\theta)$ em coluna de solo tratada com água e com vinhaça, na dosagem de 1000 m³/ha

Os valores da umidade volumétrica (θ), para os diversos tempos (t) e profundidades (z), durante o período de redistribuição da água para coluna de solo tratada com água, estão na Tabela 29, e representados na figura 31. Com os referidos valores, foi elaborada a equação de regressão da umidade volumétrica média versus o logaritmo neperiano do tempo decorrido (ver Tabela 30).

De posse destas equações de regressão, e consoante ao procedimento do método de LIBARDI et alii (1980), equacionou-se a função condutividade hidráulica $K(\theta)$ para a profundidade de 0-30 cm.

A referida equação encontra-se na Tabela 31 e o gráfico do logaritmo neperiano da condutividade versus a umidade volumétrica ($\ln K \times \theta$), na Figura 30. Na Tabela 32 encontram-se os valores da condutividade $K(\theta)$ na profundidade de 0-30 cm, em função da umidade média do solo $\bar{\theta}$ nos diversos tempos em que ocorreu o período de redistribuição.

O mesmo procedimento foi adotado para o tratamento com vinhaça (1000 m³/ha). Os resultados encontram-se nas Tabelas 33 e 36, e o gráfico de $\theta \times Z$ e $\ln K \times \theta$ estão nas figuras 31 e 32 respectivamente. Na tabela 36 encontram-se os valores da condutividade $K(\theta)$ na profundidade de 0-30 cm em função da umidade média do solo $\bar{\theta}$, nos diversos tempos em que ocorreu o período de redistribuição.

TABELA 29 - Valores da umidade volumétrica (θ), para os diversos tempos (t) e profundidades (z), durante o período de redistribuição da água para coluna de solo tratada com água, na dose de 1000 m³/ha.

Tempo (t) (horas)	Umidade Volumétrica θ (cm ³ /cm ³)							Média ($\bar{\theta}$)
	z=02cm	z=05cm	z=10cm	z=15cm	z=20cm	z=25cm	z=30cm	
0	0,4450	0,4360	0,4320	0,4180	0,4250	0,4160	0,3970	0,4241
24	0,3420	0,3370	0,3260	0,3240	0,3160	0,3120	0,3100	0,3239
48	0,3380	0,3340	0,3200	0,3220	0,3120	0,3080	0,3090	0,3204
72	0,3340	0,3300	0,3160	0,3190	0,3060	0,3070	0,3050	0,3167
96	0,3270	0,3250	0,3090	0,3160	0,3000	0,3020	0,3010	0,3114
120	0,3220	0,3200	0,3060	0,3140	0,2940	0,2960	0,2950	0,3067
144	0,3180	0,3160	0,3030	0,3100	0,2900	0,2910	0,2920	0,3029
168	0,3140	0,3120	0,2980	0,3070	0,2860	0,2870	0,2900	0,2991
192	0,3100	0,3070	0,2960	0,2980	0,2820	0,2830	0,2860	0,2946
240	0,3080	0,3040	0,2920	0,2940	0,2770	0,2780	0,2840	0,2910
264	0,3040	0,3030	0,2850	0,2920	0,2740	0,2750	0,2800	0,2876
312	0,3000	0,2990	0,2800	0,2860	0,2700	0,2720	0,2770	0,2834
336	0,2960	0,2950	0,2770	0,2840	0,2660	0,2680	0,2740	0,2800
360	0,2920	0,2930	0,2730	0,2820	0,2620	0,2640	0,2720	0,2769
480	0,2860	0,2900	0,2700	0,2800	0,2560	0,2600	0,2710	0,2733

TABELA 30 - Equação de regressão e seu respectivo coeficiente de determinação (r^2) para a profundidade de 0 - 30 cm, obtida através do ajuste dos dados na Tabela 30.

z (cm)	equação de regressão	r^2
0 - 30	$\bar{\theta} = 0,3933 - 0,0189 \ln t$	0,9407

TABELA 31 - Equação representativa da função $K(\theta)$ para a profundidade de 0-30 cm, para coluna de solo tratada com água, na dosagem de 1000 m³/ha. Observe que $K_0 = 2,893$ cm/h.

z (cm)	Equação da função $K(\theta)$
0-30	$K(\theta) = 2,8928 e^{52,9100 (\theta-0,4241)}$

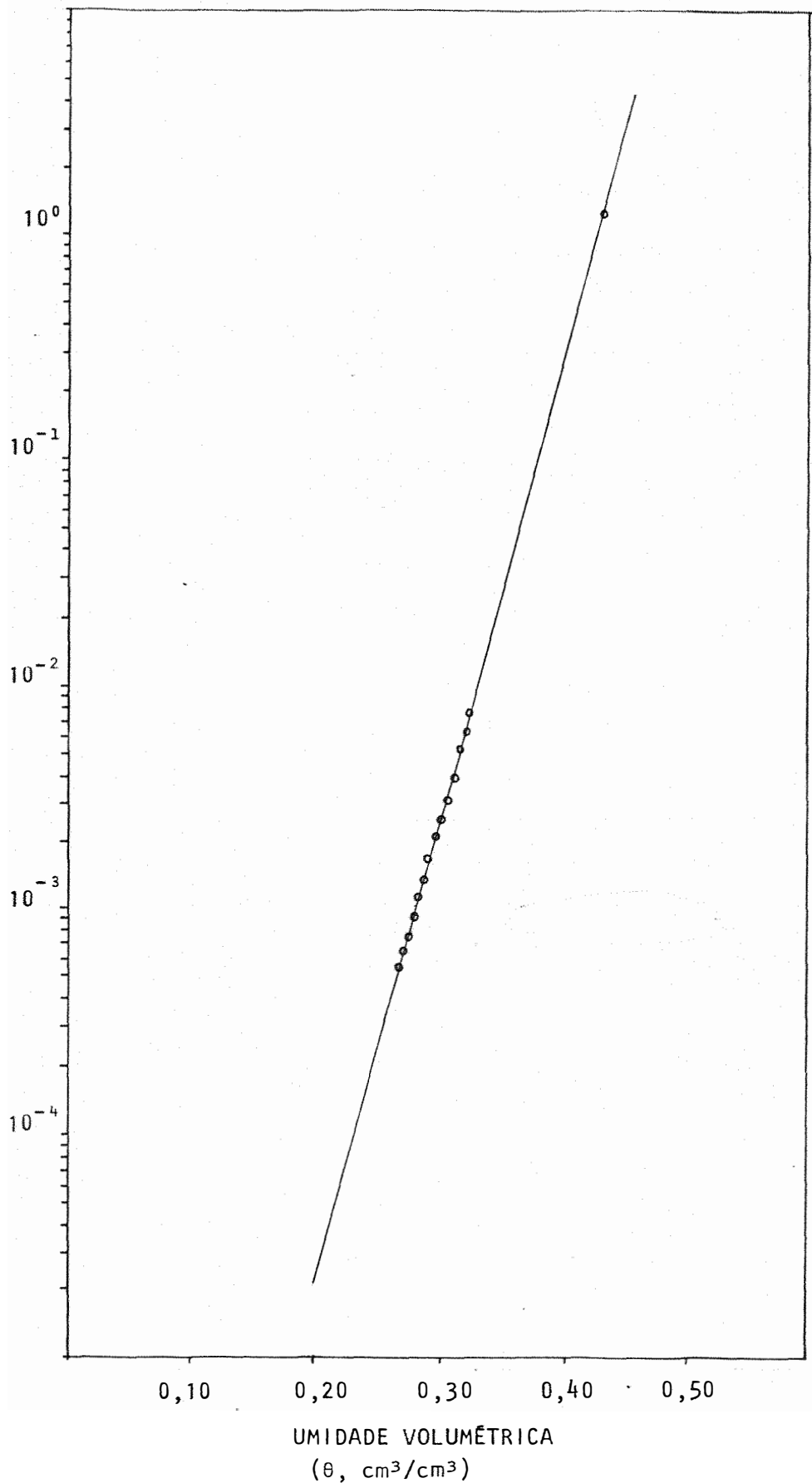


FIGURA 30 - Condutividade hidráulica (k) em função da umidade volumétrica (θ), para a profundidade de 0-30 cm, em coluna de solo tratada com água, na dosagem de 1000 m^3/ha .

TABELA 32 - Valores representativos da umidade média do solo ($\bar{\theta}$), tempo de redistribuição (t) e condutividade hidráulica do solo $K(\theta)$ na profundidade de 0-30 cm.

θ (cm ³ /cm ³)	Tempo de Redistribuição (t) (horas)	$K(\theta)$ (cm/h)
0,4241	0	2,8928
0,3239	24	0,0144
0,3204	48	0,0120
0,3167	72	0,0099
0,3114	96	0,0074
0,3067	120	0,0058
0,3029	144	0,0048
0,2991	168	0,0039
0,2946	192	0,0031
0,2910	240	0,0025
0,2876	264	0,0021
0,2834	312	0,0017
0,2800	336	0,0014
0,2769	360	0,0012
0,2733	480	0,0010

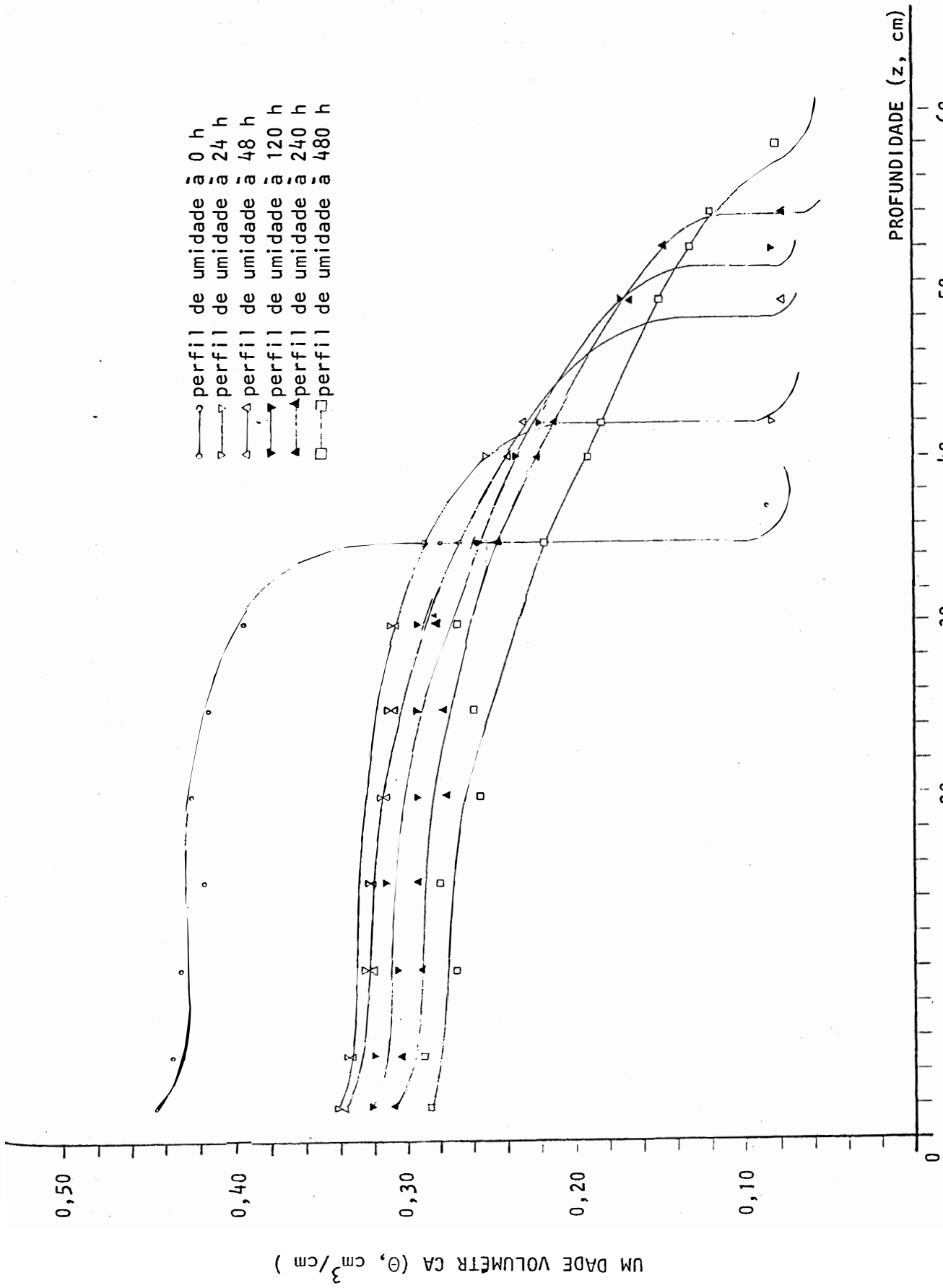


FIGURA 31 - Perfis de umidade durante o processo de redistribuição em coluna de solo tratada com água na dosagem de 1000 m³/ha.

TABELA 33 - Valores da umidade volumétrica (θ) para os diversos tempos (t) e profundidades (z), durante o período de redistribuição da vinhaça, para coluna de solo tratada com vinhaça, na dosagem de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Tempo (horas)	Umidade Volumétrica θ (cm^3/cm^3)							θ Média
	02cm	05cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	
0	0,4360	0,4200	0,4120	0,4000	0,4150	0,4090	0,3960	0,4126
24	0,3480	0,3440	0,3280	0,3340	0,3220	0,3240	0,3250	0,3321
48	0,3370	0,3360	0,3200	0,3320	0,3140	0,3160	0,3200	0,3250
72	0,3330	0,3300	0,3180	0,3290	0,3100	0,3120	0,3180	0,3214
96	0,3280	0,3240	0,3100	0,3260	0,3060	0,3050	0,3160	0,3164
120	0,3240	0,3200	0,3080	0,3240	0,2970	0,2980	0,3110	0,3094
144	0,3200	0,3170	0,3040	0,3200	0,2950	0,2930	0,3100	0,3084
168	0,3160	0,3130	0,3000	0,3150	0,2920	0,2880	0,3090	0,3047
192	0,3130	0,3100	0,2910	0,3130	0,2900	0,2860	0,3070	0,3014
240	0,3100	0,3080	0,2900	0,3100	0,2890	0,2750	0,2990	0,2973
264	0,3070	0,3060	0,2860	0,3080	0,2870	0,2720	0,2950	0,2944
312	0,3040	0,3030	0,2820	0,3060	0,2780	0,2700	0,2930	0,2909
336	0,2990	0,3010	0,2790	0,3040	0,2740	0,2680	0,2920	0,2880
360	0,2940	0,2980	0,2740	0,3030	0,2690	0,2640	0,2880	0,2843
480	0,2930	0,2960	0,2700	0,3000	0,2600	0,2620	0,2840	0,2807

TABELA 34 - Equação de regressão e seu respectivo coeficiente de determinação (r^2), para a profundidade de 0-30 cm, obtida através do ajuste dos dados apresentados na Tabela 29.

z (cm)	Equação de Regressão	r^2
0-30	$\bar{\theta} = 0,3963 - 0,0183 \ln t$	0,9667

TABELA 35 - Equação representativa da função $K(\theta)$ para a profundidade de 0-30 cm, para coluna de solo tratada com vinhaça, na dose de 1000 m³/ha. Observe que $K_0 = 1,338$ cm/h.

z (cm)	Equação da Função $K(\theta)$
0-30	$K(\theta) = 1,3379 e^{54,6448 (\theta - 0,4126)}$

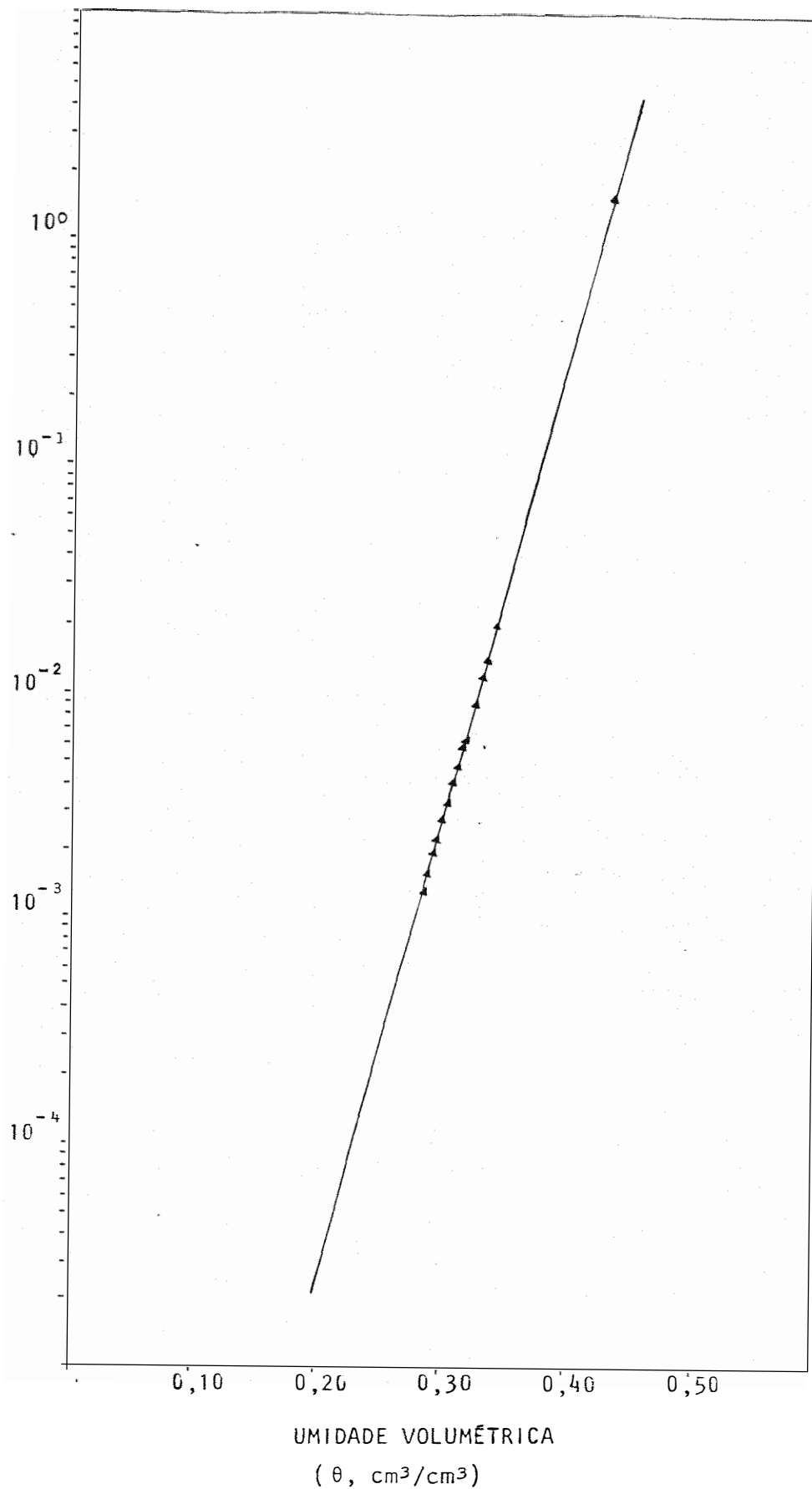


FIGURA 32 - Condutividade hidráulica (K) em função da umidade volumétrica (θ) para a profundidade de 0-30 cm em coluna de solo tratada com vinhaça, na dosagem de 1000 m^3/ha .

TABELA 36 - Valores representativos da umidade média do solo ($\bar{\theta}$), tempo de redistribuição (t) e da condutividade hidráulica do solo $K(\theta)$, na profundidade de 0-30 cm.

$\bar{\theta}$ (cm^3/cm^3)	Tempo de Redistribuição (t) (horas)	$K(\theta)$ (cm/h)
0,4126	0	1,3379
0,3321	24	0,0164
0,3250	48	0,0112
0,3214	72	0,0092
0,3164	96	0,0070
0,3094	120	0,0048
0,3084	144	0,0045
0,3047	168	0,0037
0,3014	192	0,0031
0,2973	240	0,0025
0,2944	264	0,0021
0,2909	312	0,0017
0,2880	336	0,0015
0,2843	360	0,0012
0,2807	480	0,0010

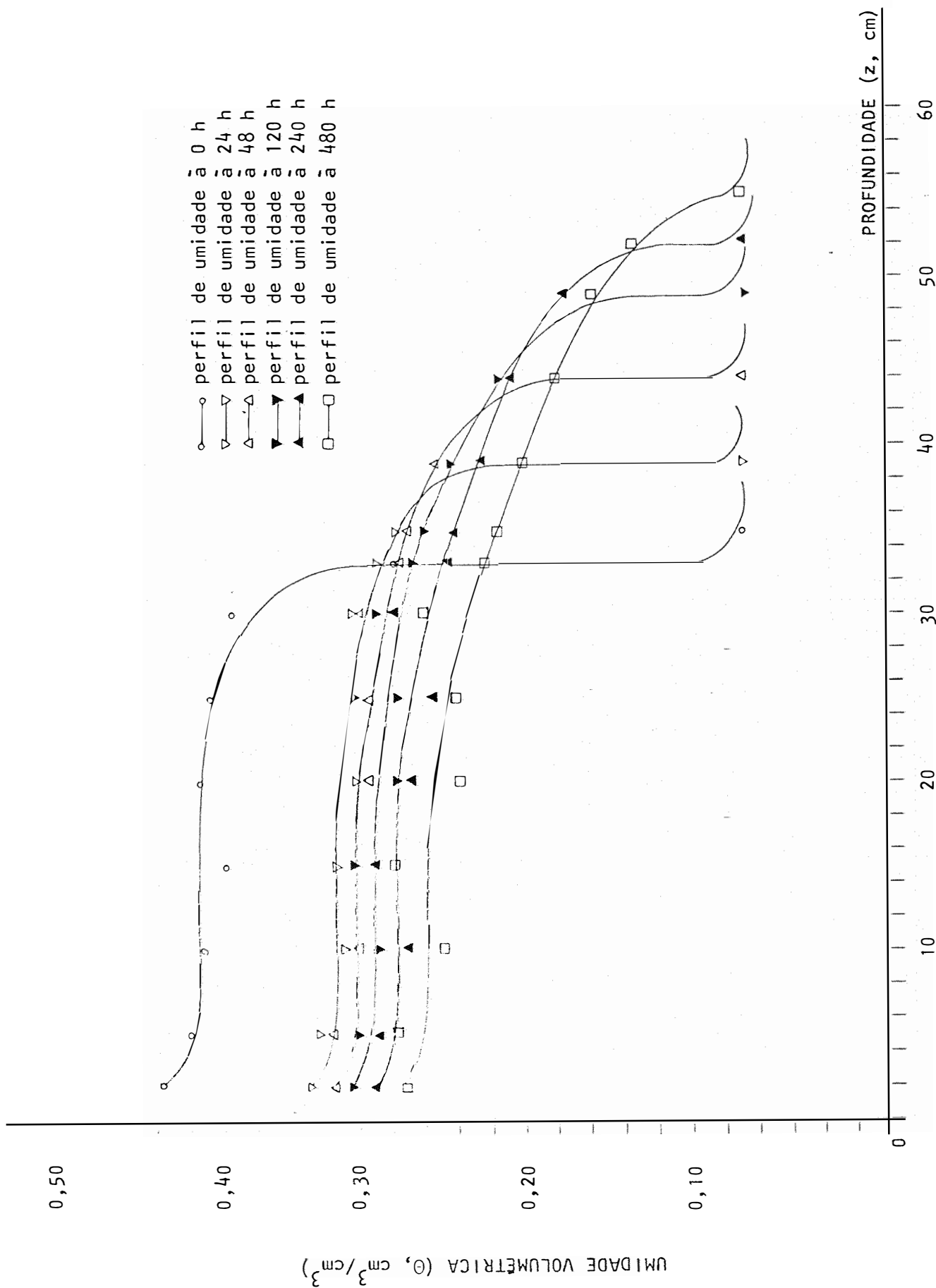


FIGURA 33 - Perfis de umidade durante o processo de redistribuição em coluna de solo tratada com vinhaça, na dosagem

4.4. Dinâmica do íon potássio em solos tratados com vinhaça, sob diversas dosagens

Os dados relativos ao teor do íon potássio (K^+) provável, a diversas profundidades, em amostras de solos provenientes dos tratamentos C, E, G, I, K, L, M e N, estão na Tabela 37. Os gráficos relativos à sua distribuição no solo, a diversas profundidades, estão nas Figuras 34 e 35.

TABELA 37 - Teor do íon potássio (K^+), provável a diversas profundidades, em amostras de solos provenientes dos tratamentos C, E, G, I, K, L, M e N.

Tratamento C		Tratamento I		Tratamento G		Tratamento	
z (cm)	K^+ (meq/100g)	z (cm)	K^+ (meq/100g)	z (cm)	K^+ (meq/100g)	z (cm)	K^+ (meq/100g)
0-1	0,69	0-2	0,70	0-2	0,62	0-1	0,75
1-3	0,80	2-4	0,78	2-4	0,73	1-3	0,78
3-5	0,75	4-6	0,77	4-6	0,73	3-5	0,77
5-7	0,58	6-8	0,78	6-8	0,74	5-7	0,77
7-9	0,33	8-10	0,80	8-10	0,70	7-9	0,74
9-11	0,23	10-12	0,78	10-12	0,75	9-11	0,73
11-13	0,19	12-14	0,69	12-14	0,69	11-13	0,73
13-15	0,17	14-16	0,34	14-16	0,73	13-15	0,73
15-17	0,17	16-18	0,20	16-18	0,75	15-17	0,69
17-19	0,17	18-20	0,26	18-20	0,67	17-19	0,22
19-21	0,17	20-22	0,26	20-22	0,52	19-21	0,23
21-23	-	22-23	0,14	22-24	0,28	21-23	0,20
23-25	-	-	-	24-26	0,21	23-25	0,18
				26-28	0,22		-
				28-30	0,19		-
				30-31	0,18		-

(continua)

(continuação da Tabela 37)

Tratamento K		Tratamento L		Tratamento M		Tratamento N	
z (cm)	K ⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	z (cm)	K ⁺ (meq/100g)	z (cm)	K ⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)
0-2	0,49	0,10	0-2	1,50	0-2	3,55	
2-4	0,69	0,10	2-4	2,00	2-4	4,00	
4-6	0,73	0,10	4-6	2,80	4-6	4,50	
6-8	0,74	0,10	6-8	3,05	6-8	3,50	
8-10	0,74	0,12	8-10	3,55	8-10	3,40	
10-12	0,73	0,12	10-12	3,50	10-12	3,40	
12-14	0,74	0,12	12-14	3,70	12-14	3,30	
14-16	0,73	0,13	14-16	3,45	14-16	3,25	
16-18	0,73	0,13	16-18	3,45	16-18	2,95	
18-20	0,71	0,13	18-20	2,40	18-20	0,80	
20-22	0,70	0,12	20-22	0,67	20-22	0,29	
22-24	0,71	0,13	22-24	0,62	22-24	0,23	
24-26	0,70	0,14	24-26	0,31	24-26	0,20	
26-28	0,70	0,14	26-28	0,20	26-26,5	0,20	
28-30	0,70	0,15	28-30	0,21			
30-32	0,68	0,16	30-31	0,20			
32-34	0,37	0,18					
34-36	0,24	0,19					
36-38	0,22	0,17					
38-40	0,24	0,20					
40-41	0,23	0,20					

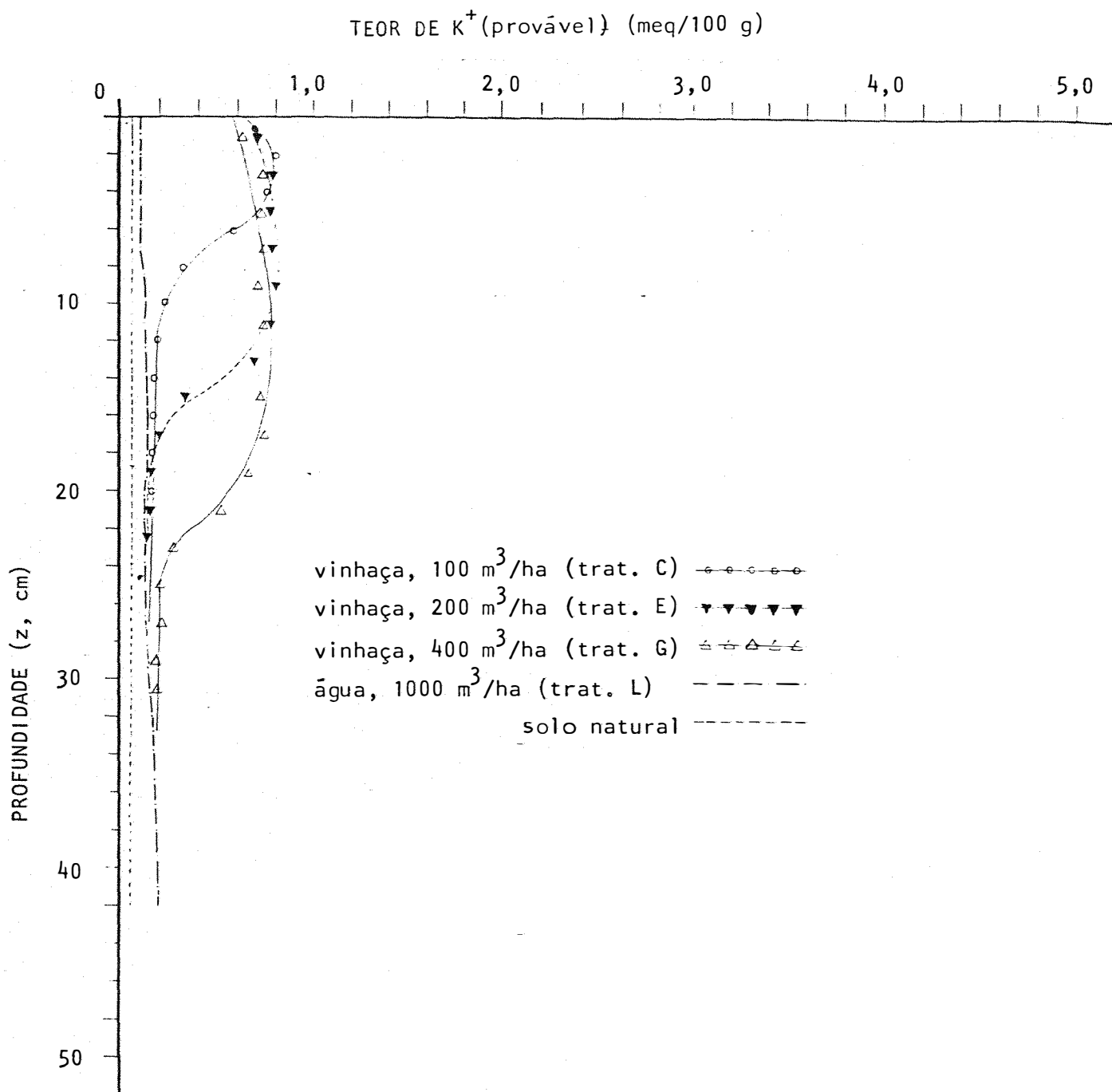


FIGURA 34 - Teor de K^+ (provável) meq/100 g às diversas profundidades, em Latossolo Roxo distrófico, nos diversos tratamentos estabelecidos (C, E, G, L e solo natural).

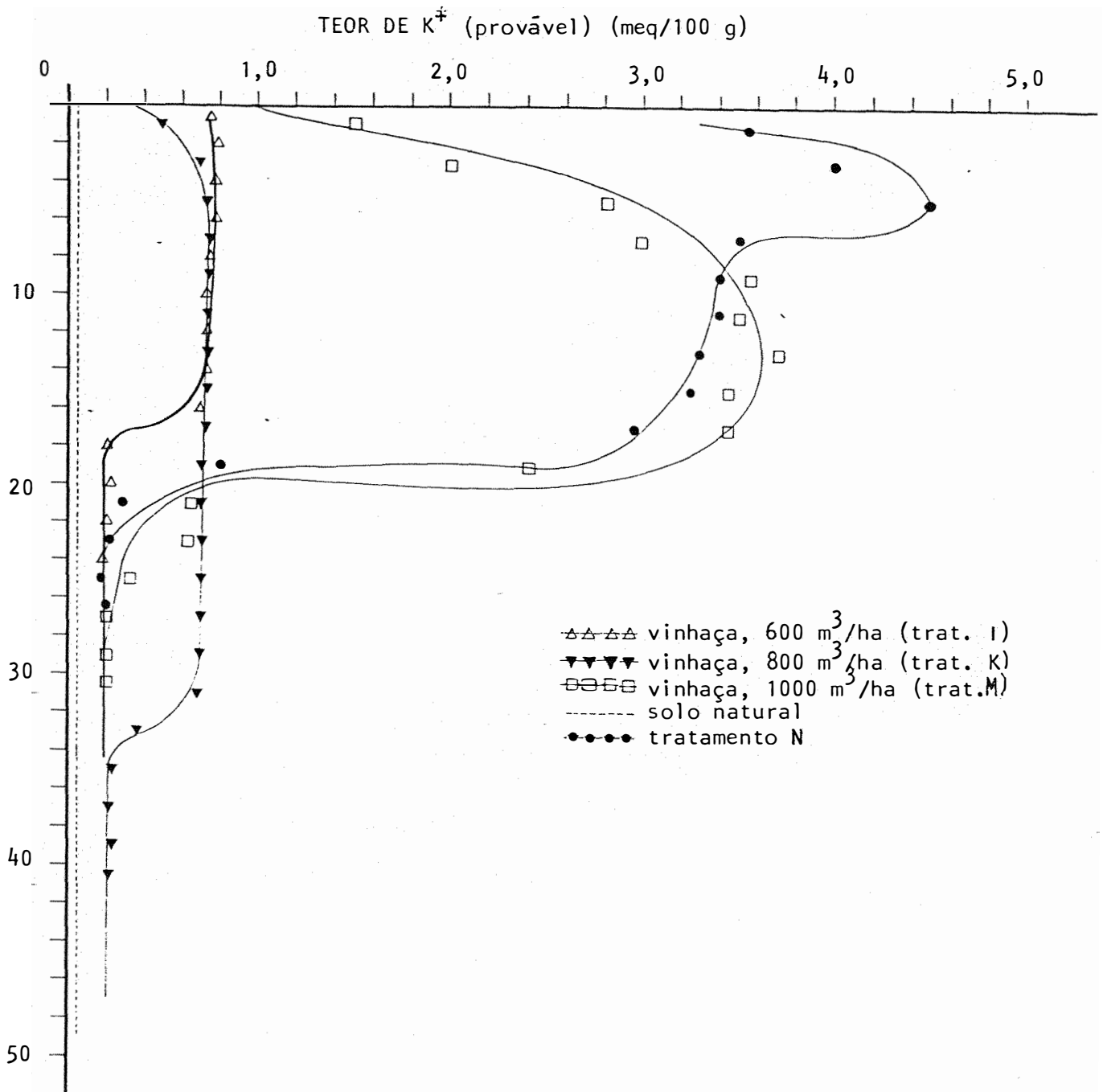


FIGURA 35 - Teor de K⁺ provável (meq/100 g), a diversas profundidades, em Latossolo Roxo distrófico, nos diversos tratamentos estabelecidos (I, K, M, N e solo natural).

5. DISCUSSÃO

5.1. Infiltração vertical para os diversos tratamentos.

5.1.1. Espaço percorrido pela frente de molhamento

Com referência ao comportamento das curvas dos gráficos relativos ao espaço percorrido pela frente de molhamento versus a raiz quadrada do tempo (Figuras 5 a 13), estas se apresentam lineares e com altos coeficientes de determinação para todos os tratamentos. (Tabela 19, concordando com os resultados por LIBARDI, 1973). Foi observado ainda que as curvas z_f vs. \sqrt{t} para os tratamentos com água apresentaram seu coeficiente angular de maior magnitude comparativamente aos tratamentos com vinhaça, principalmente para as altas dosagens, indicando assim que o avanço da frente de molhamento se fez de maneira mais "lenta" para os tratamentos com vinhaça envolvendo as dosagens de 600, 800 e 1000 m³/ha. Um detalhe a ser ressaltado é relativo aos tratamentos I, J, K, L e M, onde não foram realizadas a coletados dados iniciais de z_f . Isto decorreu em virtude da superposição da frente de molhamento oriunda da aplicação de água/vinhaça dos diversos tratamentos, como avanço proveniente da infiltração de água. Isto refletiu na

confeção dos gráficos $z_f \times \sqrt{t}$, bem como na elaboração das retas de regressão principalmente para os tratamentos I, L e M que, apesar dos altos coeficientes de determinação, diferiram bastante do comportamento apresentado pelos outros tratamentos. Já, se compararmos os tratamentos A e N, isto é, infiltração de água e vinhaça, respectivamente, em solo seco ao ar, observa-se que para um mesmo tempo, a vinhaça se aprofunda mais lentamente que a água. Assim, após uma hora, enquanto que a frente de molhamento se encontrava a 26,5 cm da superfície do solo no tratamento A, no tratamento N a frente tinha percorrido 18 cm, isto é, praticamente 1,5 vezes menos.

5.1.2. Taxa de infiltração em função do tempo decorrido e condutividade saturada do solo (K_o)

Os gráficos da taxa de infiltração i versus o tempo decorrido t (cujos dados foram ajustados pela equação de Kostiaikov), se mostraram típicos para todos os tratamentos. Na Tabela 22, observamos que, à medida que houve o incremento das dosagens de água/vinhaça, o valor de K_o foi gradativamente diminuindo, e de forma substancial para os tratamentos com vinhaça. Isto pode ser bem observado nos gráficos de $K_o \times$ dosagens de água/vinhaça na Figura 26. Os valores de K_o variaram de 8,160 cm/h para solo sem tratamento de água/vinhaça, até 1,860 cm/h em solo tratado com vinhaça na dosagem de 1000 m³/ha, correspondendo a um decréscimo de aproximadamente 77% do seu valor inicial. Atualmente, em usinas de açúcar e destilarias de álcool, é prática rotineira a aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar, em dosagens que variam até 150 m³/ha. Consultando o gráfico da Figura 26, observamos que até a referida dosagem, o decréscimo de K_o

é de aproximadamente 25%, o que é pouco significativo. Pelo gráfico podemos observar que a dosagem de $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ é a dosagem crítica para que ocorra uma queda brusca no valor de K_0 para o referido solo. Um detalhe a ser ressaltado é relativo ao gráfico $K_0 \times$ dosagens de água. Teoricamente, era esperado que os valores de K_0 para as referidas dosagens se mantivessem constantes, o que realmente não ocorreu. As quedas de K_0 para os tratamentos com água ocorreram paralelamente aos tratamentos com vinhaça, porém, com menor magnitude. Possivelmente, isto decorreu do molhamento prévio das amostras de solo no momento da aplicação das dosagens, conforme os tratamentos estabelecidos.

Com respeito ao tratamento N (infiltração vertical de vinhaça na coluna de solo seco ao ar) em relação ao tratamento A (infiltração de água na coluna de solo seco ao ar), ocorreu decréscimo no valor de K_0 em aproximadamente 50%, o que é realmente significativo.

As observações mencionadas acima permitem inferir que a condutividade hidráulica saturada de um solo tratado com vinhaça ou água em um prazo de 24 horas após a sua aplicação, sofre alterações em seu valor, com as mesmas ocorrendo uma função do nível do efluente utilizado. Com referência aos possíveis fatores determinantes às causas dessa diminuição, acreditamos que isso decorreu do impedimento superficial pelo processo físico de acumulação de sólidos em suspensão do referido efluente nos poros do solo. Segundo BOWER e CHANEY (1974) e RAWITZ e BURNS (1981), estes sólidos formariam uma camada de alta impedância hidráulica ao longo do seu perfil provocando impedimento a redução das taxas de infiltração.

Não foi abordado no presente trabalho se alterações ocorri

das no valor de K_0 são estáveis com o decorrer do tempo. Referências são conhecidas relativas à instabilidade do valor de K_0 em solos tratados com resíduos orgânicos (lodo de esgoto, esterco de curral, etc.). Por exemplo, EPSTEIN (1973), estudando a influência da aplicação de lodo de esgoto no valor de K_0 de um solo, observou que inicialmente houve um acréscimo e após um prazo de 180 dias, o mesmo decresceu até o seu valor original. Su gestões neste sentido são feitas na realização de outros estudos, relativos ao efeito da aplicação de vinhaça nos valores de K_0 de um solo.

5.2. Verificação da uniformidade de compactação das colunas de solo

Os resultados obtidos comprovam que a maneira utilizada para acondicionar o solo à coluna não causaria variação nos valores de K_0 obtidos nas diversas colunas, se se utilizasse um só tratamento (observe o coeficiente de variação da Tabela 28 obtido dos valores de K_0 extraídos das Figuras 28 a 30). A realização deste experimento se fez necessária para verificar se foram dadas condições de igualdade entre todos os tratamentos, no que se refere ao grau de compactação, o qual, certamente, influiria nos valores de K_0 obtidos.

5.3. Caracterização da função $K(\theta)$ em coluna de solo tratada com água ou vinhaça, na dosagem de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$

A aplicação do método de LIBARDI et alii (1980) sob condições de laboratório para os dados obtidos durante o período de redistribuição

buição da água, na caracterização da função $K(\theta)$ do referido solo, foi realizada de maneira satisfatória. Em se tratando de coluna de solo homogêneo, foi estabelecido que a variação de armazenagem de água na camada de 0-30 cm de profundidade poderia ser utilizada na aplicação do referido método.

Como pode ser observado na Figura 33, ao longo da camada 0-30 cm a umidade se apresentou razoavelmente constante para os diferentes tempos de redistribuição, condição necessária na aplicação do referido método. Foram utilizados os valores médios da umidade volumétrica (θ) no afã de se obter a função $K(\theta)$ com uma maior representatividade para a referida camada.

Comparando o valor de K_0 obtido por este método ao obtido com a utilização do permeâmetro de carga constante, os mesmos não se diferiram significativamente (compare o valor de K_0 do tratamento L da Tabela 22 com o da Tabela 35).

As mesmas observações feitas acima para o tratamento com vinhaça são válidas para o tratamento com água, cujos dados apresentaram um comportamento similar ao primeiro. Da mesma forma, o valor de K_0 não diferiu ao obtido com permeâmetro de carga constante (compare o tratamento M da Tabela 22 com a Tabela 31). Analisando as curvas $\ln K \times \theta$, para ambos os tratamentos (Figuras 31 e 33), podemos observar que ambas são paralelas havendo diferença representativa entre os valores de $K(\theta)$ para valores de umidade θ inferiores a $0,3500 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

5.4. Dinâmica do íon potássio em solos tratados com vinhaça, sob diversas dosagens.

Analisando-se as Figuras 34 e 35 podemos observar que as curvas de distribuição de potássio apresentaram comportamentos similares, em função de diferentes dosagens de vinhaça utilizadas, exceção feita ao tratamento M e N. Com o aumento das dosagens, houve o aumento da concentração de potássio nas camadas subsuperficiais, nas quais a concentração foi razoavelmente uniforme, decrescendo depois com a profundidade, a um valor médio de 0,18 meq/100 g em todos os tratamentos realizados.

Procurando relacionar o movimento da água no solo com a translocação do íon K^+ , observa-se, através dos dados contidos na Tabela 37 e Figuras 34 e 35 que a distribuição do íon variou de 0,69, 0,70, 0,62, 0,75, 0,49, 0,10, 1,50 e 3,55 meq/100 g (os dois primeiros a 1 cm e o restante a 2 cm de profundidade) a um valor médio de 0,19 meq/100 g (com exceção do tratamento I), para os tratamentos C, E, G, I e K, L, M e N (respectivamente, a 2,5 cm de profundidade, enquanto que a umidade, considerando todas as condições estudadas, variou em média de 0,50 a 0,40 cm^3/cm^3 , dentro dos limites médios de $0 < z < 2,5$ cm. A partir desta profundidade, para todos os tratamentos, a umidade continua variando em função da profundidade, o que não ocorre com a concentração do potássio K^+ , indicando assim que, para valores de θ menores que 0,40 cm^3/cm^3 , a variação de umidade não afeta a translocação do íon K^+ . Devemos ressaltar que os resultados encontrados relativos à distribuição de K^+ foram obtidos após a infiltração de água nos diversos tratamentos, não se considerando um período de redistribuição, como é normalmente feito. ANDRIOLI (1982), ob-

servou que a distribuição de potássio em solos tratados com vinhaça, sob diversas dosagens e diluições, foi influenciada pelas diferentes diluições aplicadas. Verificou, para um período de redistribuição de 283,0 horas, que a distribuição de K^+ ocorreu até a profundidade de 22 cm, em solo podzolizado Lins e Marília var. Marília. DELLA LIBERA e CORSINI (1982), citado pelo referido autor, estudando o avanço da frente de molhamento em coluna de solo em um processo de infiltração vertical, e utilizando-se de diferentes diluições, mostraram que a diluição tem grande influência na distribuição do potássio até a profundidade de 15,5 cm. Em referência a trabalhos realizados para solos não tratados com vinhaça, podemos citar, entre outros, TALSMA et alii (1980), que verificaram que a distribuição do referido íon em um período de redistribuição de água de 20 dias, ocorreu até 60 cm, com a adsorção do mesmo sendo razoavelmente uniforme em todo o perfil. Estes trabalhos nos permitem observar que vários são os fatores a influir na distribuição do potássio trocável em um solo, entre os quais, as dosagens do efluente utilizadas, tipo de solo (observando-se principalmente a sua textura, CTC, etc), diluição, entre outros que podem ser mencionados.

6. CONCLUSÕES

Da discussão dos resultados, podemos concluir que, sob as condições do presente trabalho:

1) solos tratados com vinhaça, em um prazo de 24 horas após a sua aplicação, apresentam os valores da condutividade K_o alterados;

2) solos tratados inicialmente com água, em um prazo de 24 horas após a sua aplicação, apresentaram também os seus valores de K_o alterados;

3) com o incremento das dosagens de vinhaça, ocorre um de cr ê s c i m o g r a d a t i v a d a c o n d u t i v i d a s a t u r a d a (K o) e de forma mais pronun ci a a p a r t i r d a s d o s a g e n t a s a c i m a d e 500 m³/ha;

4) a aplicação do método de LIBARDI et alii (1980) sob condições de laboratório, na caracterização da função $K(\theta)$, em ... colunas de solo tratadas com ou sem vinhaça, se fez de maneira satisfatória;

5) houve plena concordância dos valores de K_o obtidos com a utilização do permeâmetro de carga constante e o estimado pelo método de LIBARDI et alii (1980);

6) os valores da condutividade hidráulica não saturada $K(\theta)$

para o tratamento com água, comparativamente aos valores obtidos para os tratamentos com vinhaça, apresentaram diferenças significativas para valores de umidade inferiores a $0,35 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$;

7) com o incremento das dosagens de vinhaça, como era de se esperar, houve aumento da concentração de potássio (K^+) nas camadas superficiais; para um valor médio de profundidade de 25 cm, não há translocação do mesmo, apesar da variação da umidade volumétrica ainda ser significativa.

Vale ainda salientar, que essas observações são relativas a solo homogêneo, submetido a condições controladas de laboratório. O mesmo pode não ocorrer em condições de campo, onde a heterogeneidade está presente, podendo a variabilidade espacial das propriedades físicas ou químicas de um solo ser muito grande.

Todavia, as conclusões obtidas esclarecem alguns aspectos quanto à dinâmica da água quando em presença do referido efluente, e os resultados obtidos podem refletir o que poderia acontecer sob condições de campo.

7. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, J.R.; G. RANZANI e O. VALSECHI, 1950. A vinhaça na agricultura. Piracicaba, Instituto Zimotécnico, 21 p. (Boletim nº 1).

ALMEIDA, J.R.; G. RANZANI e O. VALSECHI, 1952. O emprego da vinhaça na agricultura. Piracicaba, Instituto Zimotécnico, 16 p. (Boletim nº 2).

ALMEIDA, J.R., 1952. O problema da vinhaça em São Paulo. Piracicaba, Instituto Zimotécnico, 24 p. (Boletim nº 3).

ALMEIDA, F.P., 1953. Interferência dos fungos na adubação do solo pela vinhaça. Piracicaba, Instituto Zimotécnico, 9 p. (Boletim nº 5).

ALMEIDA, J.R., 1955. O problema da vinhaça. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 42:216-221.

- ANDRIOLI, I., 1982. Movimento da vinhaça no solo podzolizado Lins e Marília var. Marília. Jaboticabal, FCAV /UEP, 89 p. (Dissertação de Mestrado).
- BITTENCOURT, V.C.; L.U.B. CASTRO; A.A.M. FIGUEIREDO; A.C.S. PAIXÃO e D.M. POLLI, 1978. Composição da vinhaça. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 92:25-36.
- BOUWER, H. e R.-L. CHANEY, 1974. Land treatment of waste water. Advances in Agronomy, New York, 26:133-176.
- CALDAS, H.E., 1960. Caldo de destilaria como fertilizante. Recife, Instituto Agronômico do Nordeste, 30 p. (Boletim Técnico nº 10).
- CAMARGO, O.A.; J.N.S. VALADARES e R.N. GERALDO, 1983. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. Campinas, Instituto Agronômico, 30 p. (Boletim Técnico nº 76).
- CAMARGO, R., 1954. O desenvolvimento da flora microbiana nos solos tratados com vinhaça. Análise quantitativa. Piracicaba, Instituto Zimotécnico, 44 p. (Boletim nº 9).
- CESAR, C.M.C. e H.A. MANFRINATO, 1954. O efeito anti-erosivo da vinhaça no solo. Revista de Agricultura, Piracicaba, 29:75-81.

COLETI, J.T.; J.L.I. DEMATTÊ; C.T. GASPARINI e J.M. LORENZETTI, 1981.

Efeito da aplicação de vinhaça das propriedades dos solos da Usina São José, Macatuba (SP). In: Anais do 2º Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, STAB.

COUTINHO Jr., G. e R.N. DOMINGOS, 1981. Infiltração de vinhoto de cana em solos: condições experimentais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 18º, Salvador. Resumos. 109 p.

COPERSUCAR, 1979. Aproveitamento da vinhaça: viabilidade técnico-econômica. Piracicaba, Copersucar, 69 p. (Boletim Técnico).

DIAS, C.A.B., 1980. Perspectivas de tratamento do vinhoto com benefícios ambientais e econômicos (1a. parte). Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 86:45-53.

DOMINGOS, R.N. e G. COUTINHO Jr., 1981. Infiltração de vinhoto de cana no solo em função da temperatura. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 18º, Salvador. Resumos. 109 p.

EPSTEIN, E., 1973. The physical processes in the soil as related to sewage sludge application. In: Proceedings in the Joint Conference on Recycling Municipal Sludges and Effluents and Land. Champaign, Illinois, p. 67-77.

FONTES, R.V.F., 1982. Efeito de vinhoto suplementado com fosfato monoamônico e superfosfato triplo sobre germinação, "stand" final e crescimento de plantas de mandioca. Viçosa, U.F.V., 77 p. (Tese de Mestrado).

GLÓRIA, N.A.; A.G. SANTANA e H. MONTEIRO, 1972. Composição de resíduos de usina de açúcar e destilarias de álcool durante a safra canavieira. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 80:38-44.

GLÓRIA, N.A.; A.G. SANTANA e C. BIAGI, 1973. Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 81:78-87.

GLÓRIA, N.A.; A.O. JACINTHO; J.M.M. GROSSI e R.F. SANTOS, 1974. Composição mineral das tortas de filtro rotativo. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 84:37-44.

GLÓRIA, N.A., 1975. Utilização agrícola da vinhaça. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 86:11-17.

GLÓRIA, N.A. e J.A. MAGRO, 1976. Utilização agrícola de resíduos da usina de açúcar e destilaria da Usina da Pedra. In: Anais do IV Seminário COPERSUCAR da Agroindústria Açucareira, Águas de Lindóia, p. 163-180.

HAAG, H.P.; J. ORLANDO Fº; J.R. SARRUGE; E. ZAMBELLO Jr. e A. ROSSETTO , 1980. Utilização da vinhaça em solo argiloso e composição química da cana-de-açúcar (Saccharum spp.). O Solo, Piracicaba, 72:5-9.

KHALEEL, R.; K.R. REDDY e N.R. OVERCASH, 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. J. Environ. Qual., Maryland, 10:133-141.

KÓSTIAKOV, A.N.; 1932. On the dynamics of the coefficient of water previolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amostration. Trans. Sixth Int. Congr. Soil Sci. Russian, Porss, (Pt-A):17-21.

LIBARDI, P.L., 1973. Infiltração da água no solo: uma generalização. Piracicaba, ESALQ /USP, 46 p. (Dissertação de Mestrado).

LIBARDI, P.L., 1978. Condutividade hidráulica do solo em condições de campo. Piracicaba, ESALQ /USP, 113. p. (Tese de Doutorado).

LIBARDI, P.L.; K. REICHARDT; D.R. NIELSEN e J.W. BIGGAR, 1980. Simple field method for estimating soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 5:2-7.

LIMA, U.A., 1976. Utilização da vinhaça "in natura" como fertilizante. In: Seminário Internacional sobre Tratamento de Vinhoto. Rio de Janeiro, p. 59-60.

- MAGRO, J.A. e N.A. GLÓRIA, 1977. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar com vinhaça. Complementação com nitrogênio e fósforo. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 88:31-34.
- MAGRO, J.A., 1978. Uso da vinhaça em cana-de-açúcar na Usina da Pedra, Serrana. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 92:40-48.
- MATIAZZO, M.E. e N.A. GLÓRIA, 1980. Fracionamento de fósforo de solos - incubados com vinhaça. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 95:72-85.
- MONTEIRO, H.; C.A. PEXE e J.P. STUPIELLO, 1981. Emprego de vinha complementada com nitrogênio e fósforo em soqueira de cana-de-açúcar. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 97:17-21.
- OLIVEIRA LIMA, P., 1968. Vinhaça: problema nas usinas de Açúcar. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 71:61-66.
- OLIVEIRA, J.B.; J.R.F. NENK e C.L. BOTTA, 1979. Levantamento Pedológico Semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, IBGE, 172 p.
- ORLANDO Fº, J.; I.C. SOUSA e E. ZAMBELLO Jr., 1980. Aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar: Piracicaba, Planalsucar, 30 p. (Boletim Técnico nº 21).

- RANZANI, G.; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; E. MALAVOLTA e T. COURY, 1953. Vinhaça e adubos minerais. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 10: 97-108.
- RANZANI, G., 1956. Consequências da aplicação do restilo ao solo. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 12:57-68.
- RAWITZ, E. e S. BURNS, 1981. The effects of sodium and organic matter in sewage effluent on water retention properties of soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 45:487-493.
- REZENDE, J.O., 1979. Consequências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial (estudo de um caso). Piracicaba, ESALQ /USP. (Tese de Doutorado). 112 p.
- RODELLA, A.A. e S.E. FERRARI, 1977. Composição da vinhaça e efeito de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. Brasil Açuc., Rio de Janeiro, 90:6-13.
- SERRA, G.E., 1979. Aplicação de vinhaça complementada com nitrogênio e fósforo em cultura de cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ /USP, 45 p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, E.L.; M.N. OKURA e J.T. FREIRE, 1982. Determinação de propriedades físicas do vinhoto e propriedades de transporte no sistema solo-vinhoto: estudos preliminares. Jornada Cient. da UFSCar. la., S.Carlos, 21 p.

- SILVA, G.M.A.; L.U.P. CASTRO e J.A. MAGRO, 1976. Comportamento agroindustrial da cana-de-açúcar em solo irrigado e não irrigado com vinhaça. In: Anais do IV Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira. Águas de Lindóia, p. 107-122.
- SILVA, G.M.A.; L.J.P. CASTRO; A.C. SANCHES; E. GUIMARÃES e M.A. GURGEL, 1978. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. Piracicaba, Copersucar, 14 p. (Boletim Técnico nº 7).
- SILVA, L.C.F.; O. ALONSO; E. ZAMBELLO Jr. e J. ORLANDO Fº, 1980. Efeito da complementação mineral da vinhaça na fertilização da cana-de-açúcar. Saccharum Stab., Rio de Janeiro, 11:40-42.
- TALSMA, T.; R.S. MANSELL e P.M. HALLAM, 1980. Potassium and chloride movement in a forest soil under simulated rainfall. Aust. J. Soil Res., Melbourne, 18:333-342.
- VALSECHI, O. e F.P. GOMES, 1954. Solos incorporados de vinhaça e seu teor de bases. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, 11:136-158.
- VISCONTI, A.C.S.; C.M. OSTROVSKI; P.C. GIMENEZ e M. SALLES, 1981. Visão atual da problemática do vinhoto e como superá-la. In: Anais do 2º Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, 1:283-296.
- ZUCCHI, O.L.A.D., 1981. Equipamentos nucleares na determinação dos coeficientes de atenuação de massa de solos e da água. Piracicaba, ESALQ /USP, 83. p. (Dissertação de Mestrado).

A P É N D I C E

TABELA 5 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo testemunha (tratamento A).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	$Q(V/A)$ (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,430	0,656	0,3919	0,9114	-
0,980	0,990	0,7838	0,7125	1,900
1,585	1,259	1,1757	0,6478	2,700
2,268	1,506	1,5676	0,5738	3,700
3,001	1,732	1,9595	0,5347	4,900
3,734	1,932	2,3514	0,5347	5,200
4,484	2,118	2,7433	0,5225	5,400
5,284	2,299	3,1352	0,4899	6,100
6,167	2,483	3,5271	0,4438	6,300
7,067	2,658	3,9190	0,4354	6,600
8,067	2,840	4,3109	0,3919	7,200
9,133	3,022	4,7028	0,3676	7,600
10,466	3,235	5,0947	0,2940	8,600
12,033	3,469	5,4866	0,2500	9,600
13,533	3,679	5,8785	0,2613	10,600
15,149	3,892	6,2704	0,2425	11,300
16,899	4,110	6,6623	0,2239	11,900
18,749	4,330	7,0542	0,2118	12,900
20,532	4,531	7,4461	0,2198	14,400
22,532	4,747	7,8380	0,1959	15,300
24,665	4,966	8,2299	0,1837	15,900
26,981	5,194	8,6218	0,1692	16,900

(continuação da Tabela 5)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
29,348	5,417	9,0137	0,1656	17,600
31,698	5,630	9,4056	0,1667	18,700
34,148	5,844	9,7975	0,1599	19,600
36,648	6,054	10,1894	0,1567	20,400
39,415	6,278	10,5813	0,1416	21,100
42,348	6,507	10,9732	0,1336	21,800
45,265	6,727	11,3651	0,1344	22,600
48,165	6,940	11,7570	0,1351	23,500
51,148	7,152	12,1489	0,1314	24,100
54,148	7,359	12,5408	0,1306	25,500
57,081	7,555	12,9327	0,1336	26,700

TABELA 6 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 100 m^3 de água por hectare, (tratamento B) .

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,544	0,738	0,3919	0,7200	-
1,104	1,051	0,7838	0,6998	-
3,480	1,865	1,1757	0,1649	4,800
4,496	2,120	1,5676	0,3857	5,200
5,462	2,337	1,9595	0,4057	5,500
6,545	2,558	2,3514	0,3619	6,200
7,661	2,768	2,7433	0,3512	7,500
10,544	3,247	3,1352	0,1359	8,700
12,277	3,504	3,5271	0,2261	9,000
14,877	3,857	3,9190	0,1507	10,000
16,343	4,043	4,3109	0,2673	10,600
18,759	4,331	4,7028	0,1622	11,500
19,992	4,471	5,0947	0,3178	11,800
22,892	4,785	5,4866	0,1351	12,700
25,942	5,093	5,8785	0,1285	14,900
28,825	5,369	6,2704	0,1359	15,600
31,775	5,637	6,6623	0,1328	16,200
34,625	5,844	7,0542	0,1375	17,200
37,625	6,134	7,4461	0,1306	17,500
40,608	6,372	7,8380	0,1314	18,000
43,558	6,600	8,2299	0,1328	18,200
46,541	6,822	8,6218	0,1314	18,500

TABELA 7 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 100 m^3 de vinhaça por hectare, (tratamento C).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,560	0,748	0,3919	0,6998	-
1,180	1,086	0,7838	0,6321	-
1,949	1,396	1,1757	0,5096	3,000
2,749	1,658	1,5676	0,4899	4,000
3,632	1,905	1,9595	0,4438	4,500
5,132	2,265	2,3514	0,2613	5,000
6,498	2,549	2,7433	0,2869	6,000
7,748	2,784	3,1352	0,3135	6,300
8,998	2,999	3,5271	0,3135	6,700
10,664	3,266	3,9190	0,2352	7,200
11,283	3,359	4,3109	0,1717	7,400
12,749	3,570	4,7028	0,2673	8,400
16,099	4,012	5,0947	0,1170	10,000
18,132	4,258	5,4866	0,1927	10,400
20,215	4,496	5,8785	0,1881	11,500
23,265	4,823	6,2704	0,1285	12,600
27,198	5,215	6,6623	0,0096	13,400
31,031	5,570	7,0542	0,1022	14,400
34,947	5,912	7,4461	0,1000	14,800
38,863	6,234	7,8380	0,1000	16,000
42,863	6,547	8,2299	0,0980	17,200
46,863	6,846	8,6218	0,0980	17,500

TABELA 8 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 200 m³ de água por hectare, (tratamento D).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,572	0,756	0,3919	0,6848	-
1,335	1,155	0,7838	0,5136	-
2,168	1,472	1,1757	0,4705	-
3,134	1,770	1,5676	0,4057	6,000
4,184	2,045	1,9595	0,3732	6,700
5,250	2,291	2,3514	0,3676	7,400
6,350	2,520	2,7433	0,3562	8,200
7,800	2,793	3,1352	0,2703	8,900
9,333	3,055	3,5271	0,2556	9,400
11,005	3,317	3,9190	0,2344	10,000
12,538	3,541	4,3109	0,2556	10,100
14,332	3,786	4,7028	0,2197	12,000
16,522	4,064	5,0947	0,1781	12,200
19,272	4,390	5,4866	0,1425	13,500
21,272	4,612	5,8785	0,1960	14,700
23,755	4,874	6,2704	0,1578	15,100

(continua)

(continuação da Tabela 8)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
26,338	5,132	6,6623	0,1517	15,700
29,104	5,395	7,0542	0,1417	16,500
31,937	5,651	7,4461	0,1383	18,200
34,903	5,908	7,8380	0,1321	18,600
37,886	6,155	8,2299	0,1313	19,500
40,836	6,390	8,6218	0,1328	20,000
43,836	6,620	9,0137	0,1306	20,500
46,820	6,843	9,4056	0,1313	21,900
49,820	7,058	9,7975	0,1306	22,500

TABELA 9 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 200 m³ de vinhaça por hectare, (tratamento E) .

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,750	0,866	0,3919	0,5225	-
1,633	1,278	0,7838	0,4438	3,900
2,633	1,623	1,1757	0,3919	4,700
3,633	1,906	1,5676	0,3919	4,800
4,816	2,194	1,9595	0,3312	4,900
6,183	2,487	2,3514	0,2867	6,200
7,750	2,784	2,7433	0,2500	7,300
9,567	3,093	3,1352	0,2157	8,700
11,467	3,386	3,5271	0,2062	9,200
13,467	3,669	3,9190	0,1959	10,200
15,817	3,977	4,3109	0,1667	10,900
18,267	4,274	4,7028	0,1590	12,300
20,750	4,555	5,0947	0,1578	13,000
23,683	4,885	5,4866	0,1336	14,000
26,816	5,178	5,8785	0,1250	14,700
29,999	5,477	6,2704	0,1231	15,400

(continua)

(continuação da Tabela 9)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
33,315	5,772	6,6623	0,1182	16,700
37,015	6,084	7,0542	0,1059	17,500
40,848	6,391	7,4461	0,1022	19,000
44,848	6,697	7,8380	0,0980	20,000
48,814	6,987	8,2299	0,0988	20,400
52,830	7,268	8,6218	0,0976	20,900
56,863	7,540	9,0137	0,0972	21,000
60,863	7,801	9,4056	0,0980	22,000

TABELA 10 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 400 m^3 de água por hectare ,(tratamento F) .

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
0,712	0,844	0,3919	0,5500	-
1,582	1,258	0,7838	0,4500	-
2,515	1,586	1,1757	0,4200	-
3,481	1,866	1,5676	0,4057	-
4,531	2,128	1,9595	0,3732	5,500
5,597	2,366	2,3514	0,3676	6,200
6,697	2,588	2,7433	0,3562	6,800
8,113	2,848	3,1352	0,2768	7,900
9,729	3,119	3,5271	0,2425	8,800-
11,095	3,330	3,9190	0,2869	9,400
13,861	3,723	4,3109	0,1417	10,600
16,061	4,008	4,7028	0,1781	11,500
18,561	4,308	5,0947	0,1568	12,200
21,027	4,586	5,4866	0,1589	12,900
23,860	4,884	5,8785	0,1383	13,700
26,410	5,139	6,2704	0,1537	14,400

(continua)

(continuação da Tabela 10)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q (V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
29,143	5,398	6,6623	0,1434	15,700
32,009	5,658	7,0542	0,1367	17,000
34,775	5,897	7,4461	0,1417	17,200
37,841	6,152	7,8380	0,1278	17,700
40,641	6,375	8,2299	0,1400	18,600
43,707	6,611	8,6218	0,1278	19,400
46,807	6,842	9,0137	0,1264	20,100
49,907	7,064	9,4056	0,1264	21,000
53,107	7,287	9,7975	0,1225	21,400
56,307	7,504	10,1894	0,1225	22,400
59,507	7,714	10,5813	0,1225	23,400
62,757	7,922	10,9732	0,1206	24,400

TABELA 11 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 400 m^3 de vinhaça por hectare, (tratamento G).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0,800	0,894	0,3919	0,4899	-
1,633	1,278	0,7838	0,4705	-
2,566	1,602	1,1757	0,4200	-
3,682	1,919	1,5676	0,3512	-
4,632	2,152	1,9595	0,4125	-
5,898	2,429	2,3514	0,3096	-
7,531	2,744	2,7433	0,2400	-
8,747	2,958	3,1352	0,3480	6,600
12,713	3,566	3,5271	0,0988	8,800
14,779	3,844	3,9190	0,1897	9,200
16,662	4,082	4,3109	0,2081	10,400
18,645	4,318	4,7028	0,1976	10,800
21,261	4,611	5,0947	0,1498	11,400
24,094	4,909	5,4866	0,1383	12,800
27,044	5,200	5,8785	0,1328	13,200
29,960	5,474	6,2704	0,1344	14,000
32,426	5,694	6,6623	0,1589	15,400

(continua)

(continuação da Tabela 11)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q (V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
34,676	5,889	7,0542	0,1742	15,600
37,292	6,107	7,4461	0,1498	16,800
40,242	6,344	7,8380	0,1328	17,000
43,375	6,586	8,2299	0,1251	18,800
46,541	6,822	8,6218	0,1124	19,400
49,841	7,060	9,0137	0,1189	19,900
53,507	7,315	9,4056	0,1069	20,800
57,007	7,550	9,7975	0,1112	21,600
60,773	7,796	10,1894	0,1041	22,600
64,606	8,038	10,5813	0,1022	23,200
68,389	8,270	10,9732	0,1104	23,800
72,305	8,503	11,3651	0,1000	24,000
76,371	8,739	11,7570	0,0964	24,400
80,387	8,966	12,1489	0,0976	25,200

TABELA 12 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 600 m^3 de água por hectare, (tratamento H).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
1,283	1,133	0,3919	0,3055	-
2,666	1,633	0,7838	0,2834	-
4,163	2,040	1,1757	0,2617	-
5,832	2,415	1,5676	0,2348	-
7,676	2,770	1,9595	0,2125	-
9,957	3,155	2,3514	0,1718	-
12,380	3,519	2,7433	0,1617	10,000
14,880	3,857	3,1352	0,1567	10,200
17,617	4,197	3,5271	0,1432	13,200
20,617	4,540	3,9190	0,1306	15,000
23,683	4,867	4,3109	0,1278	15,800
26,866	5,183	4,7028	0,1231	17,100
30,349	5,509	5,0947	0,1125	17,800
34,827	5,901	5,4866	0,0875	18,800
39,262	6,266	5,8785	0,0884	19,800
43,766	6,616	6,2704	0,0870	20,800
48,227	6,945	6,6623	0,0879	21,700
52,697	7,259	7,0542	0,0877	22,300
57,201	7,563	7,4461	0,0870	23,200
61,636	7,850	7,8380	0,0884	24,300

TABELA 13 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 600 m³ de vinhaça por hectare, (tratamento I).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
1,359	1,165	0,3919	0,2884	-
3,151	1,775	0,7838	0,2187	-
5,784	2,405	1,1757	0,1488	-
8,450	2,907	1,5676	0,1470	-
11,666	3,416	1,9595	0,1219	8,400
18,949	4,353	2,3514	0,0538	10,000
28,649	5,352	2,7433	0,0404	12,200
37,132	6,094	3,1352	0,0462	16,000
46,598	6,826	3,5271	0,0414	17,500
56,514	7,517	3,9190	0,0395	18,500
65,914	8,119	4,3109	0,0417	19,800
75,830	8,708	4,7028	0,0395	20,200
85,496	9,246	5,0947	0,0405	20,800
95,162	9,778	5,4866	0,0405	21,900
104,995	10,247	5,8785	0,0399	23,500

TABELA 14 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 800 m^3 de água por hectare, (tratamento J).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
1,315	1,147	0,3919	0,2980	-
2,765	1,663	0,7838	0,2705	-
4,960	2,228	1,1757	0,1781	-
7,448	2,729	1,5676	0,1578	-
10,214	3,196	1,9595	0,1417	-
13,214	3,635	2,3514	0,1306	-
16,380	4,047	2,7433	0,1238	-
20,513	4,529	3,1352	0,0948	-
24,746	4,975	3,5271	0,0926	-
28,112	5,302	3,9190	0,1164	-
33,178	5,760	4,3109	0,0774	-
38,011	6,165	4,7028	0,0811	24,200
42,361	6,509	5,0947	0,0901	24,700
47,361	6,882	5,4866	0,0784	25,200
52,527	7,248	5,8785	0,0759	27,600
57,827	7,604	6,2704	0,0732	29,000
63,162	7,976	6,6623	0,0735	30,200
68,662	8,286	7,0542	0,0713	31,200
73,945	8,599	7,4461	0,0742	32,600
79,528	8,917	7,8380	0,0702	34,000

TABELA 15 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 800 m^3 de vinhaça por hectare, (tratamento K).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
1,466	1,210	0,3919	0,2674	-
3,455	1,859	0,7838	0,1970	-
5,672	2,382	1,1757	0,1768	-
8,274	2,876	1,5676	0,1506	-
12,131	3,483	1,9595	0,1016	-
16,797	4,098	2,3514	0,0840	-
22,897	4,785	2,7433	0,0642	-
30,497	5,522	3,1352	0,0516	-
38,147	6,176	3,5271	0,0512	-
45,863	6,772	3,9190	0,0508	-
54,029	7,350	4,3109	0,0480	-
62,179	7,885	4,7028	0,0481	23,700
70,512	8,397	5,0947	0,0470	25,200
79,045	8,890	5,4866	0,0459	26,400
87,961	9,379	5,8785	0,0440	28,400
97,127	9,855	6,2704	0,0428	29,700

(continua)

(continuação da Tabela 15)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q (V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
106,793	10,334	6,6623	0,0405	31,400
116,793	10,807	7,0542	0,0392	32,400
126,993	11,269	7,4461	0,0384	34,500
137,326	11,719	7,8380	0,0379	36,000
147,576	12,148	8,299	0,0382	37,200
158,076	12,573	8,6218	0,0373	38,000
168,492	12,980	9,0137	0,0376	39,400
178,792	13,371	9,4036	0,0380	40,300
189,072	13,750	9,7975	0,0381	40,900

TABELA 16 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 1000 m^3 de água por hectare, (tratamento L).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
1,316	1,147	0,3919	0,2978	-
2,501	1,581	0,7838	0,1568	-
4,501	2,122	1,1757	0,1959	-
7,204	2,684	1,5676	0,1450	-
10,092	3,177	1,9595	0,1357	-
11,475	3,387	2,3514	0,2834	-
14,358	3,789	2,7433	0,1359	-
21,658	4,654	3,1352	0,0537	-
27,191	5,214	3,5271	0,0708	-
35,324	5,943	3,9190	0,0482	-
40,774	6,385	4,3109	0,0719	-
46,607	6,827	4,7028	0,0672	-
52,607	7,253	5,0947	0,0653	28,200
58,607	7,656	5,4866	0,0653	29,400
64,773	8,048	5,8785	0,0636	31,200
70,773	8,413	6,2704	0,0653	31,800
76,773	8,762	6,6623	0,0653	32,200
82,773	9,098	7,0542	0,0653	32,900

TABELA 17 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo tratada previamente com 1000 m^3 de vinhaça por hectare, (tratamento M).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
1,606	1,224	0,3919	0,2440	-
4,668	2,019	0,7838	0,1280	-
8,473	2,619	1,1757	0,1030	-
12,416	3,218	1,5676	0,0994	-
16,885	3,847	1,9595	0,0877	-
22,401	4,507	2,3514	0,0710	-
31,967	5,466	2,7433	0,0410	-
42,700	6,373	3,1352	0,0365	-
53,700	7,184	3,5271	0,0356	-
65,000	7,932	3,9190	0,0347	25,800
76,066	8,601	4,3109	0,0354	27,000
87,066	9,218	4,7028	0,0356	27,600
98,149	9,801	5,0747	0,0354	28,500
101,149	10,347	5,4866	0,0356	29,000

TABELA 18 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de vinhaça em coluna de solo, sem tratamento prévio com água ou vinhaça, (tratamento N).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	$Q(V/A)$ (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	0
1,117	1,057	0,3919	0,3509	0,900
2,334	1,528	0,7838	0,3220	1,000
3,617	1,902	1,1757	0,3055	2,100
4,917	2,217	1,5676	0,3015	2,900
6,200	2,890	1,9595	0,3055	3,500
7,483	2,736	2,3514	0,3055	4,900
8,816	2,969	2,7433	0,2940	5,600
10,199	3,194	3,1352	0,2834	6,000
11,516	3,394	3,5271	0,2976	7,000
12,899	3,592	3,9190	0,2834	7,400
14,382	3,792	4,3109	0,2643	7,900
15,882	3,985	4,7028	0,2613	8,000
18,149	4,260	5,0947	0,1729	9,000
21,232	4,608	5,4866	0,1270	10,000
24,332	4,933	5,8785	0,1264	10,600
27,565	5,250	6,2704	0,1212	11,500
31,315	5,596	6,6623	0,1045	12,000

(continua)

(continuação da Tabela 18)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
35,215	5,934	7,0542	0,1005	13,300
39,182	6,259	7,4461	0,0988	14,400
43,499	6,595	7,8380	0,0908	15,200
48,082	6,934	8,2299	0,0855	16,000
53,215	7,295	8,6218	0,0763	17,500
58,982	7,680	9,0137	0,0680	18,400
64,115	8,007	9,4056	0,0763	19,200
69,965	8,365	9,7975	0,0670	20,000
75,965	8,716	10,1894	0,0653	21,000
82,452	9,079	10,5813	0,0606	21,300
88,765	9,422	10,9732	0,0619	21,700
95,165	9,755	11,3651	0,0612	23,300
101,615	10,080	11,7570	0,0608	24,300

TABELA 23 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo sem tratamento prévio com água ou vinhaça, (tratamento 0).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
0,433	0,658	0,3919	0,9050	2,200
0,983	0,991	0,7858	0,7125	2,500
1,583	1,258	1,1757	0,6532	3,000
2,200	1,483	1,5676	0,6352	3,900
2,833	1,683	1,9595	0,6191	4,700
3,533	1,879	2,3514	0,5599	5,400
4,283	2,069	2,7433	0,5225	5,500
5,150	2,269	3,1352	0,4520	6,500
5,850	2,419	3,5271	0,5599	6,800
6,467	2,543	3,9190	0,6352	7,000
7,167	2,677	4,3109	0,5599	7,200
8,267	2,875	4,7028	0,3563	8,200
9,250	3,041	5,0947	0,3987	9,300
10,570	3,251	5,4866	0,2969	9,700
11,903	3,450	5,8785	0,2940	10,000
13,670	3,697	6,2704	0,2218	11,700
15,237	3,903	6,6623	0,2500	12,400
16,687	4,085	7,0542	0,2703	12,500
18,504	4,302	7,4461	0,2157	14,300

(continua)

(continuação da Tabela 23)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
20,971	4,579	7,8380	0,1589	15,200
22,654	4,759	8,2299	0,2329	16,400
25,137	5,014	8,6218	0,1578	17,200
27,270	5,222	9,0137	0,1837	18,200
29,637	5,444	9,4056	0,1656	19,000
32,404	5,692	9,7975	0,1416	20,200
35,337	5,944	10,1894	0,1336	21,200
37,554	6,128	10,5813	0,1768	22,100
40,287	6,347	10,9732	0,1434	23,000
43,270	6,578	11,3651	0,1314	23,500
46,103	6,790	11,7570	0,1383	24,000
49,036	7,003	12,1489	0,1336	25,200
51,902	7,204	12,5408	0,1367	26,200
54,902	7,409	12,9327	0,1306	27,000
57,902	7,609	13,3246	0,1306	27,400

TABELA 24 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração vertical de água em coluna de solo sem tratamento prévio com água ou vinhaça, (tratamento P).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	$Q(V/A)$ (cm)	$i(LQ/Lt)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
0,433	0,658	0,3919	0,9050	-
0,950	0,974	0,7838	0,7580	2,000
1,500	1,224	1,1757	0,7125	2,800
2,050	1,432	1,5676	0,7125	3,800
2,617	1,618	1,9595	0,6912	5,000
3,184	1,784	2,3514	0,6912	5,300
3,767	1,940	2,7433	0,6722	5,500
4,384	2,094	3,1352	0,6352	6,200
5,084	2,254	3,5271	0,5599	6,400
6,001	2,450	3,9190	0,4274	6,700
6,968	2,639	4,3109	0,4053	7,300
7,985	2,825	4,7028	0,3853	7,700
9,368	3,060	5,0947	0,2834	8,700
10,635	3,261	5,4866	0,3093	9,700
12,535	3,540	5,8785	0,2063	10,700
14,168	3,764	6,2704	0,2399	11,400
16,018	4,002	6,6623	0,2118	12,000
18,285	4,276	7,0542	0,1729	13,000

(continua)

(continuação da Tabela 24)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
19,418	4,407	7,4461	0,3459	14,500
21,751	4,664	7,8380	0,1680	15,400
24,534	4,953	8,2299	0,1408	16,000
27,034	5,199	8,6218	0,1568	17,000
29,951	5,473	9,0137	0,1344	17,700
32,468	5,698	9,4056	0,1557	18,800
35,135	5,927	9,7975	0,1469	19,700
38,052	6,169	10,1894	0,1344	20,500
40,919	6,397	10,5813	0,1367	21,200
44,052	6,637	10,9732	0,1250	21,900
46,969	6,853	11,3651	0,1344	22,700
49,969	7,069	11,7570	0,1306	23,600
52,969	7,278	12,1489	0,1306	24,200
56,036	7,485	12,5408	0,1277	15,600

TABELA 25 - Valores experimentais da taxa de infiltração (i), infiltração acumulada (Q), espaço percorrido pela frente de molhamento (z_f) e o tempo decorrido (t), relativos à infiltração de água em coluna de solo, sem tratamento prévio com água ou vinhaça, (tratamento Q).

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	$i(\Delta Q/\Delta t)$ (cm/min)	z_f (cm)
0	0	0	0	-
0,427	0,653	0,3919	0,9177	0,75
0,976	0,988	0,7838	0,7138	2,100
1,543	1,242	1,1757	0,6912	2,500
2,126	1,458	1,5676	0,6722	3,200
2,754	1,659	1,9595	0,6240	4,600
3,454	1,858	2,3514	0,5599	5,200
4,204	2,050	2,7433	0,5225	5,700
5,004	2,237	3,1352	0,4899	6,000
5,887	2,426	3,5271	0,4438	6,300
6,770	2,602	3,9190	0,4438	7,200
7,653	2,766	4,3109	0,4438	8,300
8,553	2,925	4,7028	0,4354	9,000
9,470	3,077	5,0947	0,4274	9,100
10,470	3,236	5,4866	0,3919	9,200
11,470	3,387	5,8785	0,3919	10,900
12,520	3,538	6,2704	0,3732	11,700
13,570	3,684	6,6623	0,3732	12,000
14,636	3,825	7,0542	0,3676	13,900

(continua)

(continuação da Tabela 25)

t acum. (min)	\sqrt{t} (min)	Q(V/A) (cm)	i ($\Delta Q/\Delta t$) (cm/min)	z_f (cm)
15,819	3,977	7,4461	0,3312	14,900
17,186	4,146	7,8380	0,2867	15,200
19,269	4,389	8,2299	0,1881	-
21,269	4,612	8,6218	0,1959	-
23,052	4,801	9,0137	0,2198	18,000
15,052	5,005	9,4056	0,1959	19,200
27,368	5,231	9,7975	0,1692	20,400
29,818	5,460	10,1894	0,1599	20,800
32,751	5,723	10,5813	0,1336	21,000
35,101	5,924	10,9732	0,1667	22,500
37,101	6,091	11,651	0,1959	-
39,601	6,293	11,7570	0,1567	-
42,601	6,527	12,1489	0,1306	24,500
45,051	6,712	12,5408	0,1599	-
48,534	6,967	12,9327	0,1125	-
51,434	7,172	13,3246	0,1351	-
54,617	7,390	13,7165	0,1231	-
57,617	7,590	14,1084	0,1306	-
60,617	7,786	14,5003	0,1306	-