

Fertirrigação no cultivo de capim e a diversidade microbiana do solo do Cerrado antes e após a produção de biomassa vegetal

**DR. JOSÉ GERALDO DELVAUX SILVA¹,
DR. JOSÉ MARIA RODRIGUES DA LUZ²,
DRA. SÔNIA SALGUEIRO MACHADO³,
JOSÉ EXPEDITO C. DA SILVA⁴.**

1- Engenheiro agrônomo. Servidor público do Estado do Tocantins.

2- Professor Visitante do Instituto de Ciência Farmacêuticas. Laboratório de Enzimologia Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

3- Professor do Instituto de Química. Laboratório de Enzimologia. UFAL.

4- Professor da Universidade Federal do Tocantins.

(e-mail:delvaux2013@hotmail.com, josemarrodrigues@yahoo.com.br, salgueiro.sonia355@gmail.com, jecs@mail.uft.edu.br)

Autor Correspondente: José Geraldo Delvaux Silva (e-mail: josemarrodrigues@yahoo.com.br).

• **RESUMO** - A fertirrigação é uma técnica de aplicação de nutrientes para plantas via água de irrigação. As águas residuárias domésticas (ARD) têm elevadas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), com isso surge a alternativa do reuso dessas águas como fonte de nutrientes no cultivo agrícola, reduzindo os impactos ambientais gerado por esse resíduo e diminuindo os custos na aquisição de adubos químicos na implantação das culturas. Contudo, as principais limitações do uso de ARD são a presença de sódio, e microrganismos coliformes fecais. Entretanto, estudos realizados na Universidade Federal de Tocantins têm demonstrado que o uso de ARD no solo do Cerrado para cultivo de capim tem baixo potencial de sanilização e sodificação do solo, sem alterações significativas nas propriedades físicas e químicas do solo e a biomassa vegetal não apresenta crescimento desses microrganismos. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar as alterações na fertilidade e na diversidade microbiana (bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos) do solo do Cerrado após aplicação de ARD no cultivo de capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Os manejos de irrigação utilizados continha 0, 20, 40 e 60 % (m/v) de fertilizantes NPK oriundos de ARD que foi aplicado após o crescimento da plântula. As composições químicas e a diversidade microbiana foram determinadas nas amostras do solo. Nas amostras da planta determinou-se a massa seca e o potencial nutricional do capim. A adição de ARD alterou a abundância bactérias e fungos, mas a diversidade não teve alterações. Esse resultado pode ser devido à maior disponibilidade de NPK no solo. Não foram observadas alterações na composição nutricional do capim após a fertirrigação. Portanto, a ARD tem potencial para ser utilizado na fertirrigação de capim em solo do Cerrado.

• **PALAVRAS-CHAVE** - esgoto doméstico, capim, diversidade microbiana, fertilizantes, ração.

I. INTRODUÇÃO

A fertirrigação com águas residuárias proveniente do esgoto doméstico pode ser uma boa alternativa para o plantio de capim *Brachiaria brizantha* em solo do Cerrado ([15], [18], [16], [17], [19]). Esse processo pode diminuir o uso de água de melhor qualidade na irrigação, a aplicação de fertilizantes

sintéticos e os desmatamentos para plantio de pastagens.

A baixa fertilidade dos solos do Cerrado se caracteriza por possuírem elevados teores de alumínio e manganês trocáveis, baixa capacidade de reter fertilizantes à base de potássio e deficiência de micronutrientes [12]. Além disso, os teores de matéria

orgânica na maioria dos solos dos Cerrados são considerados baixos [1]. Assim, os nutrientes presentes nas águas residuárias podem ser disponibilizados para o crescimento vegetal nesse tipo de solo ([16] e [19]).

As técnicas de manejo e fertilização contornam os principais problemas dos solos do Cerrado que tem contribuído para a ocupação de grandes extensões pela agricultura moderna [19].

No Brasil, o cultivo de *Brachiaria brizantha* cobre 30 milhões de ha, o que equivale a cerca de 50% das gramíneas cultivadas na região do Cerrado (ABRASEM, 2012). A expansão de áreas pastagens cultivadas com *Brachiaria sp* no Brasil tem se verificado em proporções jamais igualadas por outras forrageiras, em qualquer outro país de clima tropical ([3] e [21]). Além disso, os grandes interesses dos pecuaristas por esta espécie incluem o fato de a mesma ser uma planta de alta produção de massa seca, ter boa adaptabilidade aos solos do Cerrado, responder bem à adubação fosfatada, ter facilidade para estabelecimento e persistência, apresentar alto valor nutritivo para ração e poucos problemas de doenças e mostrar um bom crescimento durante a maior parte do ano [21].

A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem dos nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo ([24], [6]). Assim, seria muito importante analisar o efeito do uso de águas residuárias para fertirrigação sobre os microrganismos que contribuem para a fertilidade do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e as bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) podem ser um bom parâmetro para investigar essas possíveis alterações. Além disso, esses microrganismos podem contribuir para evitar o acúmulo de nutrientes, incluindo o fósforo e nitrogênio, e de metais pesados oriundos da água residuária doméstica no solo.

A utilização águas residuárias para fertirrigação de *B. brizantha* parece ser uma boa alternativa para produção de alimento animal em solos do Cerrado que apresentam deficiência hídrica e nutricional. Entretanto, estudos sobre as alterações dos atributos físico-químicos e microbianos do solo é necessário. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar as alterações na fertilidade e na diversidade microbiana (bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos) do solo do cerrado após aplicação de ARD e cultivo de capim *B. brizantha cv Marandu*.



Fig. 1: Ilustrações da evolução do experimento de fertirrigação do capim *Brachiaria brizantha cv. Marandu* em solo do Cerrado com água residuária doméstica. A- Capim *Brachiaria Brizantha cv Marandu* aos 57 dias. B - Capim em novembro antes do 1o. corte. C - Capim na véspera do 2o. corte. D- Um dia após o 20 corte. E – Capim na véspera do 3o. corte. F – Amostras secas para análises químicas-bromatológica [18].

II. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Área Experimental do Laboratório de Recursos Hídricos do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Em uma área experimental de 180 m² cultivou a gramínea *Brachiaria brizantha cv Marandu*, com a utilização do efluente sanitário do CEULP/ULBRA (Figura 1A). A composição do manejo de irrigação foi baseada na adição de 0, 20, 40 e 60% (m/v) de NPK contido na ARD da CEULP/ULBRA. Essas composições estão de acordo com os estudos de Silva et al, [19] realizados na Universidade Federal do Tocantins. O tratamento controle (T0) não continha NPK do ARD. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 continha doses acrescente de NPK do ARD.

As metodologias de plantio, irrigação e as análises das amostras do solo e do capim foram realizadas conforme os estudos de Silva [16] e Silva

et al [18].

As sementes foram aplicadas a lanço e utilização de um rastelo para posterior enterrio das mesmas no solo. A aplicação da água residuária foi feita através de um regador de 10 litros, sobre as folhas quando o capim apresentava cerca de 20 cm de comprimento (Figura 1B).

A coleta de amostras do solo (20 g) ocorreu antes do plantio das sementes e após o corte do o capim para análise da diversidade microbiana. A contagem de microrganismos viáveis foi realizada de acordo com método de Sabino [14]. Os resultados das contagens microbianas foram expressos em logaritmo da unidade formadoras de colônia (UFC) por grama de solo.

A diversidade de bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram analisadas pela técnica de PCR-DGGE após ampliações dos genes 16S rDNA, nif H e 18S rDNA e os AM1 [8] e NS31 [20].

Os cortes ocorreram após 140 dias da semeadura das sementes do capim com o auxílio de uma tesoura de poda (Figura 1CDE). Nesse estudo, foram realizados três cortes. Após isso, pesou-se a massa verde produzida. A determinação da composição química foi realizada após as amostras serem secadas em estufas a 60 oC até peso constante (Figura 1F) de acordo com as técnicas descritas pela Embrapa [4].

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro manejos de irrigação e quatro repetições para cada manejo e

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de sódio das ARD foram menores que a concentração limite para contaminações, salinização e ou sodificação do solo e do lençol freático ([5], [7]). Assim, a possibilidade de acumulação desses minerais efluente doméstico do CEULP/ULBRA é mínima. O pH da água residuária foi básico. Esse valor contribuiu para a correção da acidez do solo que favorável à germinação da semente e crescimento da plântula. Além disso, com exceção do índice de saturação de bases, pH e areia todas as outras variáveis físico-químicas analisadas nas amostras do solo reduziram teores em função da profundidade (Tabela 1).

Após a fertirrigação observou-se um aumento significativo na saturação de base e uma redução significativa na saturação de alumínio ($p < 0,05$). Segundo Koura et al. [9], alterações nas propriedades físicas e químicas do solo dependem do tempo de aplicação, do tipo de cultura utilizada e das características do

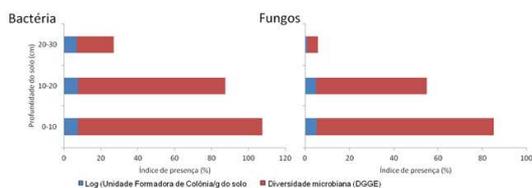


Fig. 2: Contagem de células viáveis e diversidade microbiana por eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE) antes a fertirrigação em diferentes profundidades do solo do cerrado de Tocantins.

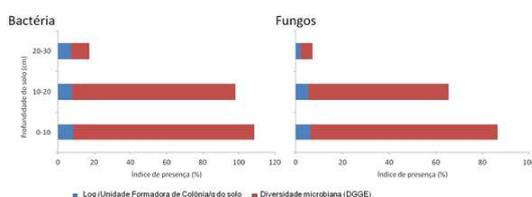


Fig. 3: Contagem de células viáveis e diversidade microbiana por eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE) após a fertirrigação em diferentes profundidades do solo do cerrado de Tocantins.

solo e do efluente. Além disso, após a fertirrigação o solo permaneceu ácido nas profundidades estudadas. Duarte et al [4]) também não constataram diferença significativa do pH do solo antes e após a aplicação de água residuária no solo.

A aplicação da água residuária também aumentou a disponibilidade de matéria orgânica no solo (Tabela 1).

A contagem de células viáveis e a diversidade microbiana foram alteradas em função da profundidade do solo (Figuras 2 e 3). Esse resultado por ser devido à disponibilidade nutriente e água que diminui nas profundidades do solo. Além disso, quando se compara os resultados das Figuras 2 e 3, a água residuária alterou a abundância microbiana, mas não a diversidade de BFNs e FMAs no solo. Nesse caso, esse resultado evidencia o potencial de uso dessas águas na fertirrigação em solo do cerrado.

Independente da profundidade, a comunidade de bactérias foi maior que à de fungos filamentosos antes e após a fertirrigação (Figuras 2 e 3). O predomínio da comunidade bacteriana em relação à de fungos também foi observada no solo sob vegetação nativa localizado na região Sul do Brasil [13]).

A diversidade de gene nif H foi maior nas profundidades de 0 a 10 cm e 10-20 cm (Figuras 2 e 3).

Tab. 1: Sat.base = Saturação de base, Sat. Al = Saturação de Alumínio. * Os valores desta tabela representam a média de 4 repetições. Esses valores foram comparados pela análise de variância (Anova) seguida do teste de Tukey a 5% probabilidade (veja os anexos). Os resultados dessas análises estatísticas estão apresentados no texto indicado, pelo nível significativo $p < 0,05$. Fonte: autores

Variáveis	Profundidade do solo (cm)					
	0-10		10 - 20		20-30	
pH (CaCl ₂)	5	± 0,87	4,8	± 0,78	4,625	± 0,5
Argila	27	± 0	35,75	± 3,95	42	± 4,24
Areia	50	± 3,46	40,75	± 5,62	35	± 2
Limo	23	± 3,46	23,5	± 1,73	23	± 4,69
Ca	2,7	± 2,35	1,65	± 1,65	0,975	± 1,02
Mg	0,975	± 1,03	0,5	± 0,38	0,45	± 0,38
Al	0,1	± 0,14	0,05	± 0,06	0,125	± 0,1
H+Al	3,35	± 2,06	3,6	± 1,88	3,05	± 1,66
K	0,042	± 0,01	0,069	± 0,07	0,04	± 0,01
CTC	7,05	± 1,77	5,8	± 1,43	4,5	± 1,49
Matéria Orgânica	31	± 3,27	28	± 3,83	26	± 3,83
Sat. Base	49,05	± 36,25	37,05	± 28,84	32,05	± 24,4
Sat. Al	8,275	± 12,44	5,975	± 6,9	14	± 11,65
Na	1,25	± 0,5	1,25	± 0,5	1,5	± 0,58
Zn	1,2	± 0,41	1,15	± 0,1	0,925	± 0,34
B	0,225	± 0,05	0,25	± 0,06	0,175	± 0,05
Cu	0,15	± 0,06	0,125	± 0,05	0,1	± 0
Fe	36	± 3,74	34	± 8,12	24,75	± 3,59
Mn	20,25	± 14,03	7	± 3,46	10	± 12,08
K	16,5	± 5,26	27	± 28,77	15,5	± 4,73
P (Melich I)	2,75	± 0,96	2,25	± 1,26	1,5	± 0,58

Esse resultado pode ser explicado devido à maior quantidade de células de microrganismos na região da rizosfera [2].

A presença de NPK das águas residuárias pode ter contribuído para germinação de esporos e crescimento de células microbianas no solo (Figura 3). Esse resultado pode ser observado na quantidade maior de células viáveis após a aplicação da água residuária. Os microrganismos do solo auxiliam a planta na absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo do solo ([22], [23]). Segundo Machado et al. [10], o teor de água e nutriente aumenta a taxa de germinação de esporos microbianos o que confirma o potencial de uso de água residuária para irrigação de culturas agrícolas, com efeito positivo sobre os microrganismos do solo (Figuras 2 e 3).

Neste estudo, a produtividade de massa seca do capim *B. brizantha* cv Marandu foi diretamente proporcional à concentração de NPK proveniente da água residuária. Silva et al. [17] também observaram que as maiores produções de massa seca foliar por hectare (ha) foram observadas nos manejos de irrigação que receberam água residuária. Esses autores sugeriram que NPK comercial está menos disponível para planta que o NPK da água residuária. Além disso, o efluente doméstico não alterou a composição nutricional do capim Marandu (Figura 4).

As análises de componentes principais das

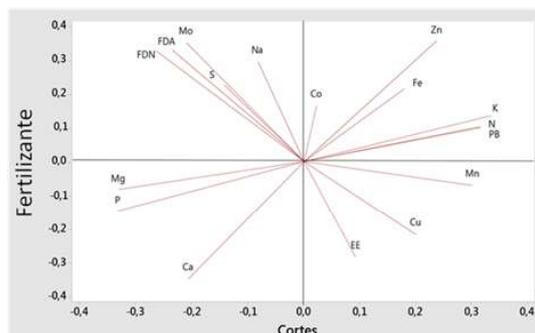


Fig. 4: Análise de componente principal da composição bromatológica do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu em função da adição de águas residuárias (fertilizante) no solo do cerrado [18].

amostras do capim mostraram que a fibra de detergente neutro (FDN), a fibra de detergente ácido (FDA) e as concentrações de molibdênio, enxofre, sódio, magnésio, fósforo e cálcio tiveram um efeito negativo em função dos cortes (Figura 4). Assim, essas variáveis o primeiro corte teve melhor resultado que pode ser devido à redução dos teores de NPK nos intervalos dos cortes. Entretanto, o manganês, o cobre, o extrato etéreo, o zinco, o ferro, o potássio, o nitrogênio e a proteína bruta tem efeito contrário (Figura 4). Apenas os teores de cobalto não têm nenhum efeito em relação ao tratamento e os cortes que parece ser característica da fisiológ-

ica da planta. Portanto, essas variações negativas, neutras e positivas na composição bromatológica no capim Marundu mostram que a concentração de NPK adicionada no solo pode contribuir para uma melhor composição nutricional do capim.

IV. CONCLUSÕES

A fertirrigação mostrou ser uma alternativa viável para utilização de águas residuárias domésticas na agricultura no solo do Cerrado;

O uso de fertilizantes oriundos da água residuária doméstica contribuiu positivamente com a abundância de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares no solo;

A fertirrigação aumentou a produtividade de massa seca foliar indicando que o NPK da água residuária é mais disponível para a planta que o NPK comercial;

REFERENCES

- [1] ADÁMOLI J, MACEDO J, AZEVEDO LG, NETTO JM. Characterization of Cerrado Region. In: Goedebergt, W. J. (Ed) Cerrado soil: Technologies and Management Strategies, Nobel, EMBRAPA, São Paulo. pp. 33-74, 1985.
- [2] DA SILVA MRSS. Diversidade de comunidades bacterianas de solo de Cerrado em resposta a diferentes alterações dos ecossistemas. Tese, Universidade de Brasília, 140p, 2012.
- [3] DIAS-FILHO MB. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Documento 402. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2014.
- [4] DUARTE AS, AIROLDI RPS, FOLEGATTI MV, BOTRELLA, SOARES TM. Effects of application of treated wastewater in soil: pH, organic matter, phosphorus and potassium. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12:3, 2008.
- [5] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Manual de métodos de análises do solo/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2a edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 212p., ISBN-85-85864-03-6, 1999.
- [6] FONSECA SPP, SOARES AA, MATOS AT, PEREIRA OG. Nutritional value and fecal contamination of coarcted grass grown in a unit of wastewater overland flow treatment. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 21:293-301, 2001.
- [7] GAMA-RODRIGUES EF, BARROS NF, GAMA-RODRIGUES AC, SANTOS GA. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:893-901, 2005.
- [8] GLOAGUEN TV, GONÇALVES RAB, FORTI MC, LUCAS Y, MONTES CR. Irrigation with domestic wastewater: a multivariate analysis of main soil changes. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:1427-1434, 2010.
- [9] HELGASON T, FITTER AH, YOUNG JPW. Ploughing up the wood-wide web? Nature, 394:431, 1998.
- [10] KOURAA A, FETHI F, LAHLOU A, OUZZANII N. Reuse of urban wastewater by combined stabilization pond system in Benslimane (Marocco). Urban Water, 4: 373-378, 2002.
- [11] MACHADO CTT, PEREIRA CD, LOPES V. Fungos micorrízicos arbusculares: pesquisa e desenvolvimento para a agricultura. In: FALEIRO, FG, DE ANDRADE, SRM. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Embrapa Cerrados, 730 p, 2011.
- [12] MALAVOLTA E, KLIEMANN HJ. Nutritional disorders in the Cerrado. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 136p, 1985.
- [13] RECH M, PANSERA MR, SARTORI VC, RIBEIRO RTS. Microbiota do solo em vinhedos agroecológico e convencional e sob vegetação nativa em Caxias do Sul, RS. Revista Brasileira de Agroecologia, 8: 3, 2013.
- [14] SABINO DCC. Interação planta-bactéria diazotrófica na cultura de arroz. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 54p, 2007.
- [15] SILVA JGD. Chemical composition and productivity of Mombaca grass grown in different effluent blades of primary sewage treatment. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, 67p, 2010.
- [16] SILVA JGD, MATOS AT, BORGES AC, PREVIERO CA. Chemical bromatological composition and productivity of Mombaca grass (*Panicum maximum* cv. mombaca) submitted to different primary wastewater treatments of sanitary sewage. Revista Ceres, 59:606-613, 2012.
- [17] SILVA, JGD, CARVALHO, JJ; DA LUZ, JMR; SILVA, JEC. Fertigation with domestic wastewater: Uses and implications. African Journal of Biotechnology, 15: 807-815, 2016.
- [18] SILVA, JGD. Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim *Brachiaria brizantha* cv marandu. Universidade Federal do Tocantins, 97p, 2017.
- [19] SILVA, JGD; LUZ, JMR, HENRIQUE, J, CARVALHO, JJ; SILVA, JEC. Domestic Wastewater for Forage Cultivation in Cerrado Soil. Journal of Agricultural Science, 10: 248-254., 2018.
- [20] SIMON L, LALONDE M, BRUNS TD. Specific amplification of 18S fungal ribosomal genes from vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi colonizing roots. Applied and Environmental Microbiology, 58: 291-295, 1992.
- [21] SOARES FILHO CV, RODRIGUES LRA, PERRI SHV. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum, 24:5-1377-1384, 2002.
- [22] SOUZA JAA, BATISTA RO, RAMOS MM, SOARES AA. Microbiological contamination of soil by sewage. Acta Scientiarum Technology, 33:5-8, 2011.
- [23] THONGTHA S, TEAMKAO P, BOONAPATCHAROEN N, TRIPETCHKUL S, TECHKARNJARARUK S, THIRAVETYAN P. Phosphorus removal from domestic wastewater by *Nelumbo nucifera* Gaertn and *Cyperus tenuifolius* L. Journal of Environmental Management, 137:54-60, 2014.
- [24] VITOUSEK PM, HÄTTENSCHWILER S, OLANDER L, ALLISON S. Nitrogen and Nature. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 31:97-101, 2002.



DR. JOSÉ GERALDO DELVAUX SILVA Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (1993), graduação em Química pela Universidade do Tocantins (2005), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins (2017). Atualmente é professor Titular do Centro Universitário Brasileiro de Palmas e engenheiro agrônomo-quadro geral - SETAS.



JOSÉ MARIA RODRIGUES DA LUZ Tem experiência na área de Bioquímica, com ênfase em microbiologia, atuando principalmente nos seguintes temas: cogumelos comestíveis, atividade enzimática, pinhão-manso e tratamentos de resíduos sólidos.



DRA. SÔNIA SALGUEIRO MACHADO

PhD em Enzimologia - Delft University of Technology, Pós-doutorado no Departamento de Medicina Molecular do The Scripps Research Institute-TSRI em expressão heteróloga, purificação e cristalização de P450 monooxigenase (CYP9) de fígado de coelho (2000). Pesquisador visitante no The Scripps Research Institute-

TSRI (2010). Atualmente é professor associado (Bioquímica) da Universidade Federal de Alagoas e desenvolve pesquisas em Enzimologia objetivando caracterização e estudos em vivo e in vitro de enzimas como colinesterases de animais como peixes e camundongos para estudos de toxicológicos de monitoramento ambiental e neurofisiológicos.

JOSÉ EXPEDITO C. DA SILVA Professor da Universidade Federal do Tocantins.

...

...