



USO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS PARA CONTENÇÕES DE ÁREA DE RISCO

Liliane Frosini Armelin

Professora e pesquisadora, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil,
liliane.armelin@mackenzie.br

Henrique Dinis

Professor e pesquisador, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil,
henrique.dinis@mackenzie.br

Alberto Alonso Lázaro

Professor e pesquisador, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil,
alberto.alonso@mackenzie.br

Sérgio Vicente D Pamboukian

Professor e pesquisador, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil,
sergio.pamboukian@mackenzie.br

RESUMO: Dar solução a áreas em encostas com ocupação antrópica irregular sob risco geológico tem sido um grande desafio aos municípios onde a urbanização é intensiva. São frequentes as soluções preventivas não convencionais objetivando reduzir os riscos com acidentes de escorregamentos ou de evolução de quadros críticos de erosão. Medidas estruturais de contenção têm se tornado impeditivas face à grande incidência destas áreas nas periferias das cidades em regiões de topografia acidentada. Como medida não convencional, obras de proteção de taludes com drenagem e revestimentos com geomantas ou espécies vegetais tornaram-se frequentes. Este estudo avaliou a aplicação do bambu como proteção a taludes íngrimes sob risco geológico. Como resultado, concluiu-se por duas espécies de bambu: *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides*, pelas características de sua parte subterrânea (raízes e rizomas), relativamente à resistência ao efeito de arrancamento e da resistência ao cisalhamento direto do solo enraizado, avaliando-se à capacidade de retenção ao escorregamento dos solos superficiais. Como resultado geral da pesquisa, em parceria com o município de Francisco Morato, elaborou-se um projeto de plantio e escolheu-se uma área em talude, onde se efetiva o plantio das espécies para futuro acompanhamento de seu desenvolvimento e eficácia, como comprovação à pesquisa efetuada.

PALAVRAS-CHAVE: Plantio de bambu, Estabilização de taludes, Ensaio de resistência das raízes.

ABSTRACT: Solving areas on slopes with irregular human occupation under geological risk has been a major challenge for municipalities where urbanization is intensive. Unconventional preventive solutions are frequent, with the aim of reducing the risks of landslide accidents or the evolution of critical erosion conditions. Structural containment measures have become an impediment given the high incidence of these areas on the outskirts of cities in regions with rugged topography. As an unconventional measure, slope protection works with drainage and coatings with geomats or plant species have become frequent. This study evaluated the application of bamboo as a protection to steep slopes under geological risk. As a result, it was concluded that

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





there were two species of bamboo: *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldoidea*, based on the characteristics of their subterranean part (roots and rhizomes), in terms of resistance to the effect of pulling out and direct shear resistance of the rooted soil, evaluating the ability to retain slippage in surface soils. As a general result of the research, in partnership with the municipality of Francisco Morato, a planting project was developed and an area on a slope was chosen, where the species are planted for future monitoring of their development and effectiveness, as proof of the research carried out.

KEYWORDS: Bamboo planting, Slope stabilization, Root resistance tests.

1 Introdução

Os fenômenos de escorregamento e erosão nos solos que constituem os taludes naturais de encostas são comuns em regiões de relevo acidentado. São várias as causas, muitas em decorrência das propriedades dos solos que constituem estas encostas, quando da perda natural de suas características estruturais, em decorrência do intemperismo, mas também, devido a influência externa da natureza, como a ação da água de chuvas, ao alterarem o equilíbrio hidráulico dos meios permeáveis, ou os ventos em sua ação abrasiva superficial e a ação do homem. Ações humanas pela urbanização intensiva, ou a mera ocupação do solo com a execução de cortes e aterros sem os devidos cuidados são uma das principais causas dos movimentos de massa em geral.

Obras de contenção evitam possíveis deslocamentos de massa, no entanto, estas obras apresentam custo elevado, inviabilizando sua aplicação em caso de municípios com elevada incidência de áreas sob risco geológico. Dentro deste contexto, faz-se necessário articular novas abordagens para o problema, como medidas tidas como não convencionais, de prevenção e redução da probabilidade de riscos com acidentes geológicos, utilizando-se de materiais e técnicas menos custosas, como drenagem e revestimento dos taludes naturais com espécies vegetais, os quais devem ser objeto de estudos de eficácia.

A vegetação tem sido usada ao longo dos últimos anos para estes fins, no entanto, novas propostas tem surgido para a contenção e proteção dos taludes, as quais consistem no plantio de vegetação específica, que apresente resistente sistema radicular e de seus rizomas, como exemplo, o bambu, constituindo-se em uma alternativa tecnológica simples, eficaz, segura, e de reduzidos custos.

O bambu, também, depois de tratado, pode ser utilizado como material de construção com aplicação em diversas obras, como coberturas, fechamentos, revestimentos e, em especial, como elemento estrutural, aplicações importantes para que seu uso agregue características de sustentabilidade, seguindo os preceitos da economia circular que tem como princípio, o aproveitamento dos rejeitos, conferindo valor econômico em lugar do mero descarte.

2 Bambu , suas características e seu uso em estabilização de encostas

O bambu é um tipo de vegetação que ocorre no Brasil e que tem a formação de raízes em forma de malha, sendo esta, uma característica importante para evitar o processo de erosão e após

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



3 anos, forma-se um sistema radicular forte e entrelaçado que dificulta a movimentação do solo. Existem três tipos de bambu: Entouceirante, que atingem alturas elevadas, entre 15 e 35 m; Alastrante, que se espalham rapidamente no terreno com os colmos crescendo lateralmente e radialmente atingindo alturas menores e Antipodiais, tipo que combina as características dos dois anteriores.

O bambu não tolera terrenos alagados, compactados, argilosos, muito ácidos ou muito alcalinos (PINHEIRO E NUNES, 2007 apud FRANÇA, 2011). Pode ser plantado até a altitude de 3000 metros e a condição ideal de precipitação anual é de 1200 a 1800 mm. Gera quatro vezes mais oxigênio que outras espécies florestais lenhosas e constitui-se de grande fixador de carbono da atmosfera (REGIS 2004 apud. FRANÇA, 2011).

A morfologia do bambu é bem peculiar, sendo que a planta cresce por meio de rizomas subterrâneos (caules modificados) dos quais saem as raízes e os colmos (figura 1).

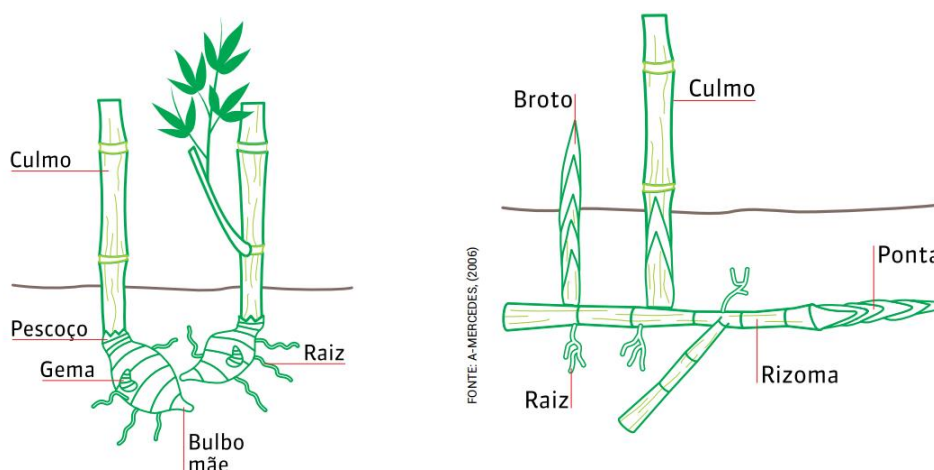


Figura 1 – Morfologia do crescimento de uma planta de bambu
Fonte: Guilherme et al (2017)

Em bambus, a maior parte do sistema radicular é formado por raízes que se desenvolvem a partir dos nós encontrados nos rizomas e nas bases dos colmos. O sistema radicular forma uma rede delicada e extensa, essencial para o crescimento e desenvolvimento de cada planta. As raízes possuem a função de ancorar a planta no solo, além de absorver água e nutrientes que são transportados por toda a planta. O sistema subterrâneo dos bambus é adaptável a uma variedade de condições (LUIS et al, 2017). Ademais, bambu de pequeno porte, 60 a 70% da massa vegetal de raízes são compostas de pequenas raízes com diâmetro inferior a 2 mm (ZHOU et al., 2005, apud FRANÇA, 2011). Raízes nestas condições possuem alta resistência à tensão radicular e ao arranquio por possuírem maior superfície específica em relação àquelas mais espessas.

Algumas experiências no Brasil e em outros países, foram realizadas para conter a erosão e também na recuperação de áreas que sofreram processos de erosão utilizando o bambu. Os resultados se mostraram promissores para várias espécies. O quadro 1 relaciona alguns estudos com as espécies adotadas.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Quadro 1 - Experiências nacionais e internacionais do plantio do bambu em encostas

Local	Espécie utilizada	Finalidade
Japão	Espécies alastrantes	Recuperação de morros e encostas degradados
Nicaragua / Caribe	Bambusa vulgaris e Bambusa multiplex	Estabilização de morros
Cuba	Guadua angustifolia	Proteção e conservação do solo
Botucatu / Brasil	Bambusa vulgaris, Bambusa vulgaris viltata, Bambusa tuldooides, Dendrocalamus giganteus e Phyllostachys aurea.	Recomposição de matas ciliares
Mogi Mirim / Brasil	Bambusa vulgaris e Dendrocalamus giganteus	Contenção de voçorocas
São Pedro / Brasil	Não especificado	Recuperação de áreas erodidas
Xapuri / Brasil	Guadua ssp	Contenção de erosão
Serra da Mantiqueira / Brasil	Bambusa multiplex	Reversão de processos erosivos

Fonte: Hamada et al.(2002); Martell (2008); Lima (2008); Toledo Filho e Zanella (2008); Barbosa e Diniz (2010); Mathias et al. (2013); Ferreira et al. (2018).

Para estudo e escolha das espécies de bambu a serem utilizadas em taludes naturais com ocupação antrópica, em risco geológico, partiu-se das seguintes premissas:

- Os taludes não devem estar plenamente ocupados, situação esta que inviabilizaria qualquer plantio.
- Os taludes não devem apresentar declividade maiores que 40~60%, em relação à horizontal, o que inviabilizaria o próprio plantio e desenvolvimento da planta.
- O solo deve reter um percentual mínimo das águas pluviais precipitadas, como condição de irrigação, não devendo assim, ser excessivamente permeável.
- Deverá ser estudado um espaçamento ideal entre as mudas, para permitir o enraizamento pleno.
- Se contemplará duas situações para proteção do talude: ao escorregamento e à erosão superficial.
- Para a erosão superficial, se concluiu pela espécie *Phyllostachys Aurea*, que atinge no máximo 10 m de altura e diâmetro do colmo entre 4 e 6 cm, com espaçamento de 2,0 m. Espécies de alturas maiores ficam suscetíveis à ação do vento, que podem romper o enraizamento pelo efeito de tombamento.
- Contra o escorregamento, na ideia de formação de uma barreira natural, decidiu-se pelo *Bambusa tuldooides* (bambu caipira ou taquara), entouceirante, que atinge normalmente 12 m de altura e diâmetro 6 cm, plantados em linha no pé do talude.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



- Para áreas com intensa ocupação, estrategicamente, plantar touceiras de bambu entouceirante entre espaços disponíveis entre as edificações, normalmente em áreas com grandes declividades.
- Em situações que não atendem estas condições, serão recomendadas obras estruturais.

3. Projeto para implantação de uma área piloto

Uma primeira experiência esta sendo conduzida em parceria com o município de Francisco Morato, com projeto finalizado e em fase de implantação em área piloto denominada Lyons (Figura 2) de propriedade da Prefeitura Municipal. Trata-se de local de relevo acidentado onde atualmente abriga as instalações da Defesa Civil e a Escola Municipal Elba Nóbrega Sobral. Este talude (Figura 3) se encontra em situação de risco de escorregamento e devido a esta característica, constituiu-se um adequado local para a implantação da solução através do plantio do bambu, observando-se seu comportamento ao longo do tempo, seja no desenvolvimento da espécie, como os benefícios deste plantio na erosão do solo e escorregamento. Ademais, esta sendo possível observar outras características como a pega e crescimento em ambiente natural, a evolução do alastramento e crescimento da parte aérea.



Figura 2 – Área denominada Lyons onde será conduzido o estudo
Fonte: Os autores

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Figura 3 – Talude experimental antes do plantio do bambu
Fonte: Os autores

3.1 Contextualização da área piloto

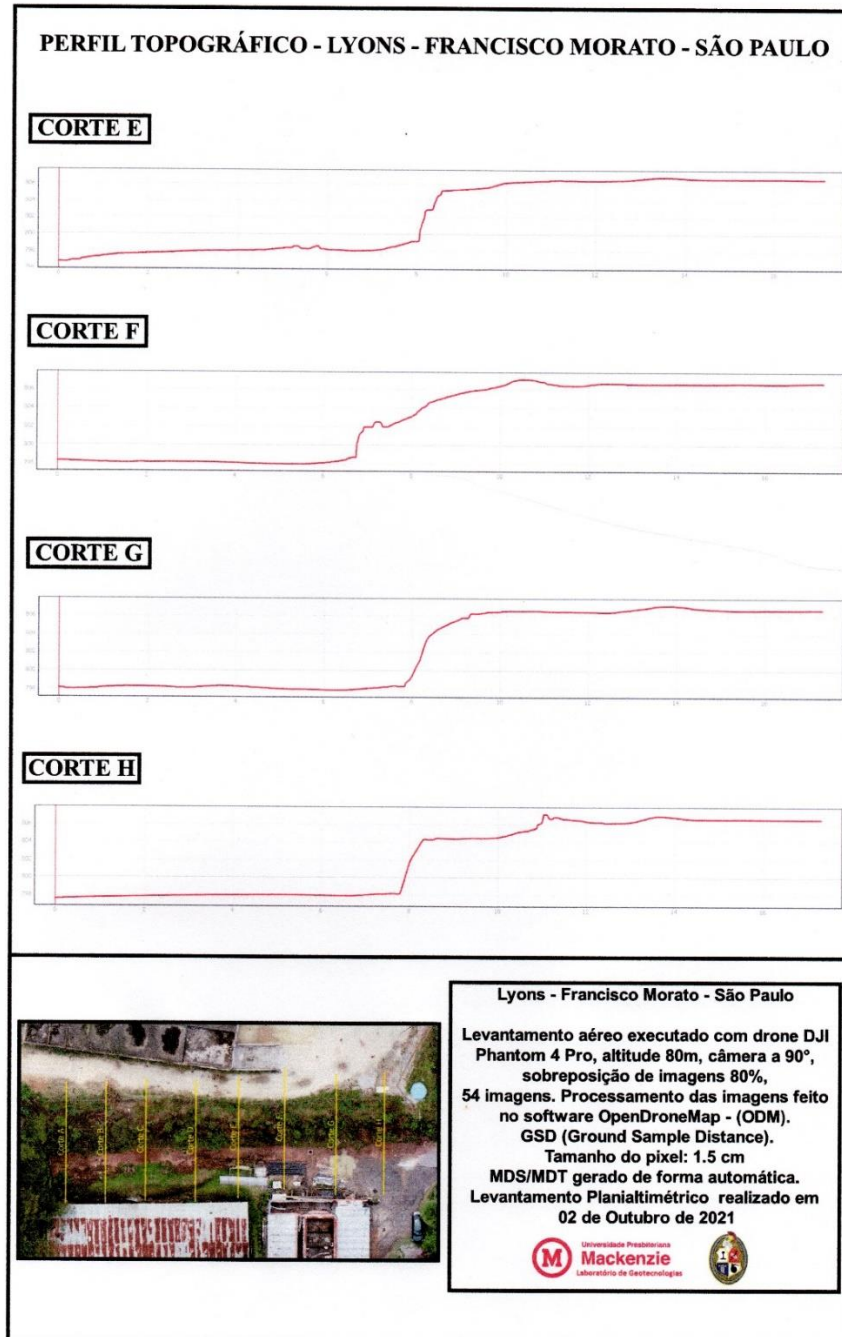
Na área denominada Lyons, em Francisco Morato, ocorrem solos residuais de meta-arenitos e metassiltitos de idade pré-cambriana, na encosta; e no vale do Rio Tapera Grande, ao longo da Ferrovia da CPTM, ocorrem solos aluvionares de idade quaternária. Na área do Lyons as altitudes variam de 755 m até 825 m, e no talude experimental em estudo as altitudes variam de 798 m a 806 m.

Quanto a suscetibilidade a movimentos gravitacionais no Lyons, ocorrem áreas com suscetibilidade baixa e média; a suscetibilidade baixa se caracteriza por um relevo de planícies, terraços fluviais e morros baixos, com declividade menos que 15° ; e a suscetibilidade média se caracteriza por um relevo de morros baixos e morrotes, com declividade variando de 10° a 30° (IPT-CPRM, 2013)

Em 02 de outubro de 2021, o Laboratório de Geotecnologias, da Escola de Engenharia, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, realizou um levantamento aéreo com drone objetivando um levantamento planialtimétrico da área do Lyons, para avaliar sua adequabilidade à implantação de uma área piloto para estudo do desenvolvimento de espécies de bambus, cujo produto desse levantamento encontra-se na Figura 3, com a imagem, em planta, do talude experimental de estudo e seções do mesmo talude (PAMBOUKIAN; FULLER e PRATES, 2021)

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Figura 3 – Seções do talude experimental em estudo
Fonte: Pamboukian, Fuller e Prates (2021).

4. Proposta de vegetação

Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

A proposta de disposição de vegetação no talude experimental é implantar bambu entouceirante no pé do talude para que possa fazer o papel de uma “barreira natural” para deslizamentos, se ocorrerem. A espécie considerada para esta finalidade foi o *Bambusa tuldooides* (Bambu caipira ou taquara), cujas características principais que levaram à escolha, como já citadas, por atingir acima de 12 m de altura e diâmetro 6 cm, sendo assim, muito alta para os taludes. Trata-se de espécie comestível o que favorece o seu uso.

Para o taludes, a proposta foi plantar o bambu alastrante que não atingisse grandes alturas. Como já citado, a *Phyllostachys aurea* atinge no máximo 10 m de altura e diâmetro do colmo entre 4 e 6 cm. Apresenta brotos comestíveis e bastante apreciados na culinária brasileira, característica essa favorável ao desenvolvimento de atividade econômica também pela comercialização dos brotos. Ainda, como citado anteriormente, o bambu crescido é uma alternativa útil como material estrutural em substituição ao uso da madeira convencional e em alguns casos, ao concreto, apresentando grande resistência e boa trabalhabilidade, principalmente quanto à resistência à tração.

A figura 4 exemplifica o projeto, como está em implantação, mostrando o trecho mais crítico do talude experimental, em relação à inclinação do terreno.



Legenda:



Bambu alastrante



Bambu entouceirante

Figura 4 – Disposição do bambu alastrante e entouceirante no talude experimental.

Fonte: Os autores

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



O talude em questão de altura aproximada 8 m, após a limpeza, retirada de vegetação remanescente e regularização, apresentou área superficial aproximada de 88 m² disponível para o



plântio. O espaçamento entre as mudas é importante pois permite o recebimento da luz solar por no mínimo 8 horas diariamente, sendo o recomendado entre 1 e 8 m dependendo do tamanho da espécie escolhida. No caso, adotou-se valores entre 2,6 m e 2,8 m, totalizando 20 mudas de bambu alastrantes. Para o pé do talude foram implantadas 4 mudas de bambu entouceirante.

5. Conclusão

De forma geral, os estudos e propostas para a redução dos riscos geológicos em áreas suscetíveis a escorregamentos e erosões superficiais, visando atenuar o avanço da degradação dos taludes naturais das encostas ou gerados como resultado da ocupação antrópica desordenada, que ocasionam tais riscos, referem-se à cobertura vegetal da superfície destes taludes, em uma mescla das espécies do bambu com outras espécies, sendo que cada um, cumpre funções específicas de proteção à erosão superficial e escorregamento. No presente caso, optou-se pela observação exclusiva do bambu, uma vez que são raros os trabalhos de uso deste tipo de vegetação em encostas para os fins descritos. Faz parte dos estudos, identificar as dificuldades de plantio e escolha das técnicas mais adequadas, que inclui os estudos de manutenção da espécie, manejo e réplica em outras obras, como também, as obras correlatas que irão garantir sua manutenção, como a terraplanagem que regularizou a superfície a receber o plantio, drenagem superficial, muretas de proteção e pequenos arrimos, dentre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11682/2006: *Estabilidade de encostas*. Versão de maio de 2006. Rio de Janeiro.
- Ehrlick, M. Becker, L. *Muros e Taludes de Solo Reforçado: projeto e execução*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- Felix, Carlos. *Comportamento dos muros de terra armada*, 1991, 151p. Dissertação - Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto, 1991.
- França, C. D. *Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de solos do Cerrado*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 67p. 2011.
- Guilherme D.O.; Ribeiro N.P.; Cereda M. P.. *Cultivo, manejo e colheita do Bambu. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. Rio de Janeiro. 655p. ISBN 9788589962223. 2017.
- Hamada, H; Iwanaga, Y.; Kamimura, K.; Shibata, S. *Use of bamboo resource to protect and rehabilitate land*. In: INTERNACIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN, 2002. Quayashill, 2002. P. 3-11.
- Instituto Geológico. *Mapeamento de Riscos de Movimentos de Massa e Inundações do Município de Francisco Morato* (2020): Relatório Técnico. São Paulo, 2020.
- IPT-CPRM. *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – Município de Francisco Morato*. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas e CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2013.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



- Lima, T. H. R. *O bambu na área de preservação permanente do ribeirão Tanquinho*. In: SOS COSTA DE BOTUCATU. Ribeirão Tanquinho vivo: mobilização e educação ambiental como instrumento de gestão ambiental. São Paulo, 2008, p. 39-43.
- Luis Z.G.; Nogueira J.S.; Ribeiro D.G.; Scherwinski-Pereira J.E. *Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae)*. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro. 655p. ISBN 9788589962223. 2017.
- Martell, A. L. *Rendimiento de biomassa de bambusa vulgaris y su relacion con la proteccion de los suelos en la província de Granma, Cuba*. Zootecnia Tropical. Aragua, v.26, n. 3, p.275-277. 2008.
- Pamboukian, S. V. D.; Fuller, F. A. G.; Prates, R. G. C.. *Levantamento Planialtimétrico na Área Lyons em Francisco Morato – SP. Laboratório de Geotecnologias – Escola de Engenharia – Universidade Presbiteriana Mackenzie*. São Paulo, 2021.
- Toledo Filho, D. V.; Zanella, J. *Regeneração da flora arbustiva de um cerrado nas bordas de uma voçoroca em Mogi Mirim – SP*. In: FORUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 3 2007, Alta Paulista, SP. Anais. Alta Paulista, SP:ANAP, 2007, p200-206.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

