



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessander Nono	
DOI 10.22533/at.ed.3201925061	
CAPÍTULO 2	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.3201925062	
CAPÍTULO 3	26
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3201925063	
CAPÍTULO 4	42
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.3201925064	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3201925065	

CAPÍTULO 6	71
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.3201925066	
CAPÍTULO 7	80
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3201925067	
CAPÍTULO 8	92
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3201925068	
CAPÍTULO 9	100
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
DOI 10.22533/at.ed.3201925069	
CAPÍTULO 10	111
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.32019250610	
CAPÍTULO 11	127
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250611	
CAPÍTULO 12	142
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
DOI 10.22533/at.ed.32019250612	

CAPÍTULO 13	153
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.32019250613	
CAPÍTULO 14	156
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250614	
CAPÍTULO 15	168
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.32019250615	
CAPÍTULO 16	183
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250616	
CAPÍTULO 17	198
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.32019250617	
CAPÍTULO 18	207
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.32019250618	

CAPÍTULO 19	215
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.32019250619	
CAPÍTULO 20	223
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
DOI 10.22533/at.ed.32019250620	
CAPÍTULO 21	230
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250621	
CAPÍTULO 22	243
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.32019250622	
CAPÍTULO 23	261
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.32019250623	

CAPÍTULO 24	275
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
DOI 10.22533/at.ed.32019250624	
CAPÍTULO 25	287
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
DOI 10.22533/at.ed.32019250625	
CAPÍTULO 26	294
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
DOI 10.22533/at.ed.32019250626	
CAPÍTULO 27	307
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
DOI 10.22533/at.ed.32019250627	
CAPÍTULO 28	322
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
DOI 10.22533/at.ed.32019250628	
CAPÍTULO 29	333
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
DOI 10.22533/at.ed.32019250629	
SOBRE O ORGANIZADOR	346

ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO

Rideci Farias

Universidade Católica de Brasília / Centro
Universitário de Brasília (UniCEUB)
Brasília – DF

Tiago Matias Lino

Instituto de Ensino Superior Planalto (IesPlan)
Brasília – DF

Haroldo da Silva Paranhos

Universidade Católica de Brasília (UCB)
Brasília – DF

Itamar de Souza Bezerra

Maccaferri do Brasil
Goiânia – GO

Ranieri Araújo Farias Dias

Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém – PA

Alexsandra Maiberg Hausser

Centro Universitário de Brasília (UniCEUB)
Brasília – DF

RESUMO: O Rompimento da BR-060/GO ocorreu na divisa entre o Distrito Federal e o estado de Goiás, próximo à cidade de Alexânia/GO, km 24, dia 28 de dezembro de 2010. Em média, na rodovia passa cerca de 60 mil veículos por dia. A região é caracterizada por terreno acidentado com morros, vales e baixadas, fatores estes que contribuíram para o ocorrido. Também é cercada por diversos cursos d'água.

O deslizamento de terra resultou em uma cratera com cerca de 60 metros de comprimento e 12 metros de profundidade, interditando completamente a via e o tráfego de veículos. As obras de recuperação objetivaram a execução dos dispositivos de drenagem superficial e subterrânea, serviços de contenção em gabião, pavimentação e recuperação ambiental. Assim sendo, este Artigo objetiva apresentar análises das possíveis causas, mas também as soluções adotadas para recuperação do trecho avariado. **PALAVRAS-CHAVE:** BR 060, Alexânia/GO, Estabilidade, Ruptura e Recuperação.

ANALYSIS OF THE RUPTURE IN BRAZIL OF BR-060 IN THE MUNICIPALITY OF ALEXÂNIA, GOIÁS, AND CONDITIONS AFTER SIX YEARS OF RECOVERY

ABSTRACT: The rupture of BR-060 / GO occurred on the border between the Federal District and the state of Goiás, near the city of Alexânia / GO, km 24, December 28, 2010. On average, the highway passes about 60 thousand vehicles per day. The region is characterized by rugged terrain with hills, valleys and lowlands, which contributed to this. It is also surrounded by several water courses. The landslide resulted in a crater about 60 meters long and 12 meters deep, completely banning road and vehicular

traffic. The recovery works aimed at the execution of the surface and underground drainage devices, gabion restraint services, paving and environmental recovery. Therefore, this article aims to present analyzes of the possible causes, but also the solutions adopted to recover the damaged section.

KEYWORDS: BR 060, Alexânia / GO, Stability, Rupture and Recovery.

1 | INTRODUÇÃO

Este artigo objetiva apresentar análises das possíveis causas do deslizamento, mas também as soluções adotadas para recuperação do trecho que rompeu da BR-060/GO na divisa entre o Distrito Federal e o estado de Goiás, próximo a cidade de Alexânia/GO. Ademais das condições atuais, seis anos após o término da recuperação do trecho avariado. A solução principal para recuperação do trecho inclui o sistema de contenção em gabião, associados a obras complementares com vistas à recuperação do trecho para a liberação do tráfego na via.

2 | LOCALIZAÇÃO DO TRECHO AVARIADO

O trecho que sofreu ruptura localiza-se próximo a divisa do Distrito Federal e o estado de Goiás, próximo a cidade de Alexânia/GO. A região é caracterizada por topografia acidentada e áreas sujeitas a escoamento e cursos d'água. A Figura 1 mostra o mapa geral de localização da área onde ocorreu a ruptura, que fica próximo a 15 km da cidade de Alexânia/GO.

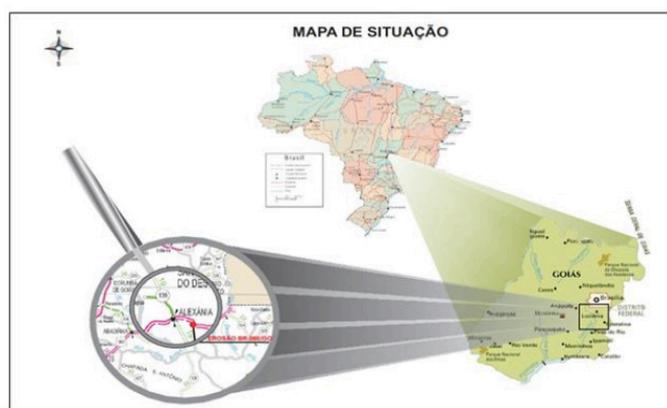


Figura 1. Localização do rompimento da BR 060/GO (DNIT, 2011).

O deslizamento de terra com uma cratera próximo de 60m de comprimento e 12 metros de profundidade, interditou a via e o tráfego de veículos na região. O intenso período de chuvas seria a causa principal do deslizamento, felizmente sem vítimas, apesar da gravidade. As Figuras 2 a 4 mostram o trecho que rompeu.



Figura 2. Trecho rompido da BR-060/GO (31/12/2010).



Figura 3. Trecho rompido da BR-060/GO (31/12/2010).



Figura 4. Trecho rompido da BR-060/GO (31/12/2010).

Em função do ocorrido, desviou-se o trânsito em duas alternativas ao motorista que partia do Distrito Federal a Goiânia. Um pela BR-070, rumo a Cocalzinho, até a GO-414 e depois à BR-060, o que aumenta em 28 quilômetros. A outra opção era chegar à GO-010 por Luziânia e seguir até Goiânia. Nesse caso, são 50 quilômetros mais, elevando para 250 km a distância entre Brasília e Goiânia. A Figura 5 mostra os caminhos alternativos para os motoristas quando a interdição da BR-060.

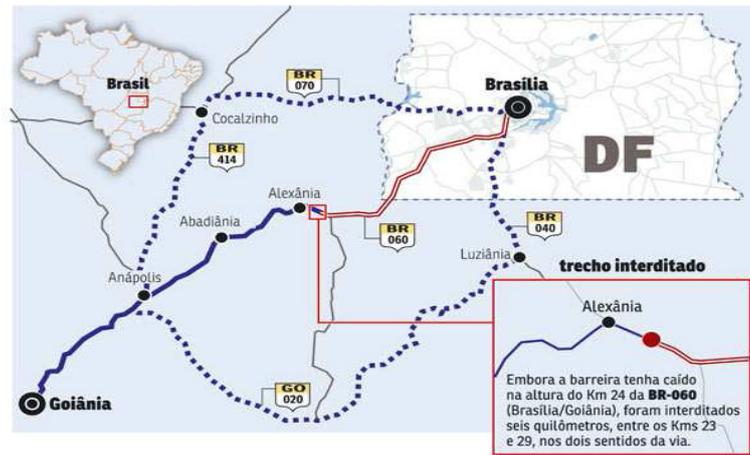


Figura 5. Alternativas quando da interdição da BR-060 (Jornal Correio Braziliense, 2011).

3 I ANÁLISES DAS POSSÍVEIS CAUSAS

3.1 Alto Índice Pluviométrico – Saturação do Solo

O período chuvoso na região, com grande intensidade entre os meses de dezembro e janeiro, aumentou a saturação do solo, vindo a provocar processos erosivos, principalmente erosão interna, mas também elevação no valor da percolação e a conseqüente diminuição da resistência do solo nos locais onde o regime de escoamento das águas eram mais concentrados.

Ademais, a montante do corte realizado para instalação da rodovia, há uma área considerável em que houve a supressão da vegetação nativa objetivando investimentos na agricultura e pecuária. Além da supressão de vegetação, verificou-se a instação de bacia no terreno para armazenamento de água que conciliada à infiltração e escoamento provocaram ao possível caminho preferencial de fluxo na massa de solo vindo ao aumento da saturação do subsolo à rodovia, com a conseqüente instabilização do maciço. A Figura 6 mostra o possível fluxo no interior do maciço, e na Figura 7 apresenta-se uma vista da área com a bacia de infiltração a montante do trecho da rodovia que sofreu a ruptura.

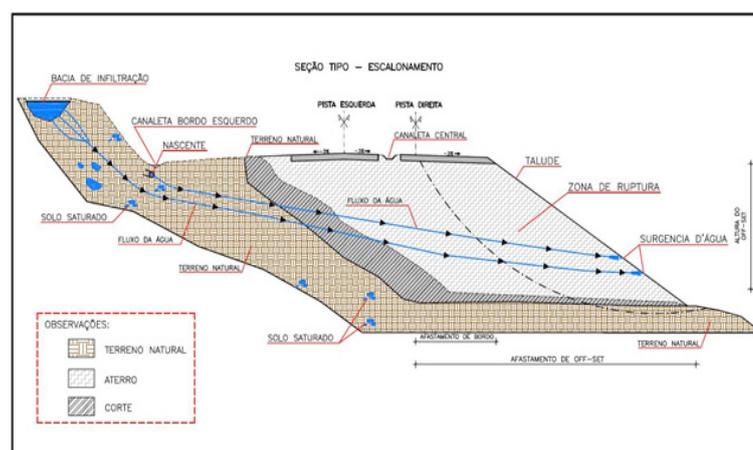


Figura 6. Possível fluxo no interior do maciço (Lino, 2016).



Figura 7. Bacia de infiltração a montante da rodovia (Lino, 2016).

Apesar de alguns dados e características iniciais da obra, não se poderia dizer o que realmente tinha causado o rompimento da rodovia. Para isso, foram realizadas investigações mais detalhadas da região, conforme a seguir.

3.2 Investigação Geotécnica

Além das inspeções na área do sinistro, patiu-se também para a execução de sondagem tipo SPT a fim de se verificar as condições do subsolo, lençol freático da região, além de auxiliar nos estudos do projeto básico.

De início foram três furos de sondagem totalizando 45,35 (quarenta e cinco metros e trinta e cinco centímetros). Tais sondagens foram denominadas de SPT 01, SPT 02 e SPT 03, conforme indicação da Figura 8, sendo o SPT 1 à margem do rodovia e o SPT 02 e SPT 03 no eixo de cada uma das pistas.



Figura 8. Localização dos furos de sondagem SPT (BR- 060, km 24).

A Figura 9 mostra a execução da sondagem SPT 01 à margem da rodovia.



Figura 9. Vista de execução da sondagem SPT 1 (BR- 060, km 24).

Ao se considerar o tipo de solo encontrado, verificou-se tratar, predominantemente, de uma camada de aterro + material do corpo estradal com espessura variável de até três metros. Subjacente a esta camada, silte - argiloso a pouco argiloso/arenoso a pouco arenoso, variável até 3,0 metros de espessura. Em seguida, argila silto-arenosa / silte arenoso, pouco argiloso.

O nível d'água no SPT 01 encontrava-se a 1,50m da "boca" do furo. No SPT 02 a 6,10m, e no SPT 03 na profundidade de 7,15m. Diante disso, foi possível estabelecer o possível comportamento da linha freática no maciço.

4 | ANÁLISES DE ESTABILIDADE DO TALUDE

As análises de estabilidade foram subsidiadas com verificações locais adicionadas a correlações com as sondagens SPT para escolha dos parâmetros. As correlações foram embasadas nos trabalhos de Godoy (1972) apud Cintra et al. (2003) para o peso específico. Para o ângulo de atrito foram utilizados quatro trabalhos, a saber, com a média dos valores obtidos: a) De Mello (1971) apud Schnaid (2000); b) Gibbs e Holtz (1957) apud Schnaid; c) Godoy (1983) apud Cintra et al. (2003); d) Teixeira (1996) apud Cintra et al. (2003). Para a coesão foram adotados valores comuns para o tipo de solo local que variam de 0 kPa até 15 kPa. Para o solo seco foi adotado a coesão de 10 kPa. Para o solo saturado foi adotado a coesão 0 KPa.

Na simulação com o solo não saturado trabalhou-se com 10 kPa para coesão, 30° para o ângulo de atrito e 17 kN/m³ para o peso específico do solo. A Figura 10 mostra o fator de segurança na estabilidade do talude igual a 1,454. Simulação feita com os dados empíricos do solo natural, valor este condizente com os critérios mínimos de fatores de segurança da NBR 11682/2003.

A segunda simulação de estabilidade considerou o solo saturado. Para o solo saturado trabalhou-se com 0 (zero) kPa para coesão, permanecendo 30° para o ângulo de atrito, apesar de ser menor, o que baixaria ainda mais o fator de segurança, e 17

kN/m^3 para o peso específico do solo. A Figura 11 mostra o fator de segurança igual a 1,117. Nota-se a esperada redução do fator de segurança com a coesão de 0 kPa, considerando o solo saturado. Apesar do fator de segurança ser maior que 1, não está condizente com os critérios de segurança da NBR 11682/2003.

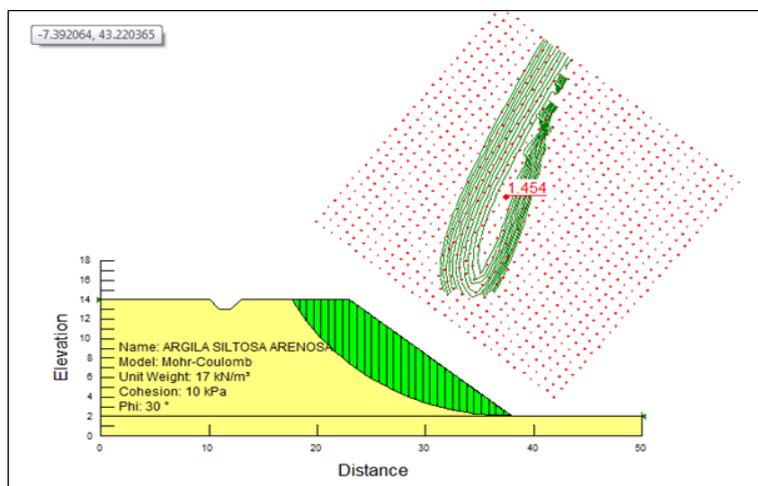


Figura 10. Análise de estabilidade com o solo natural (Lino, 2016). (FS = 1,454).

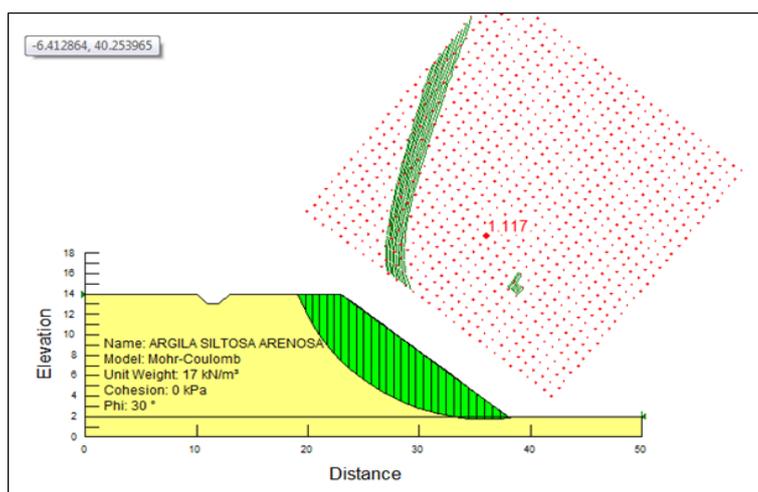


Figura 11. Análise de estabilidade com o solo saturado (Lino, 2016). (FS = 1,117).

5 | SOLUÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DO TRECHO AVARIADO

O projeto desenvolvido pelo DNIT trouxe uma série de soluções com drenagem superficial e subterrânea, contenção com gabião, pavimentação, mas também a recuperação ambiental da área afetada pelas obras.

5.1 Drenagem Superficial e Subterrânea

A drenagem subterrânea objetiva a retirada de água do maciço. No andamento das obras de escavação e remoção do solo saturado, uma das preocupações era canalizar o fluxo de água a um destino adequado. Assim, foram executados sistemas de drenagem profunda - dreno profundo com manta geotêxtil, dreno sub-horizontal (DHP)

e colchão drenante. As Figuras 12 a 15 mostram parte da execução da drenagem profunda. Já na Figura 16 mostra-se parte da drenagem superficial com a obra finalizada.



Figura 12. Escavações para a instalação de drenos profundos (Lino, 2011).



Figura 13. Execução de drenos profundos (Lino, 2011).



Figura 14. Perfuração para instalação de DHP (Lino, 2011).



Figura 15. Execução do colchão drenante.

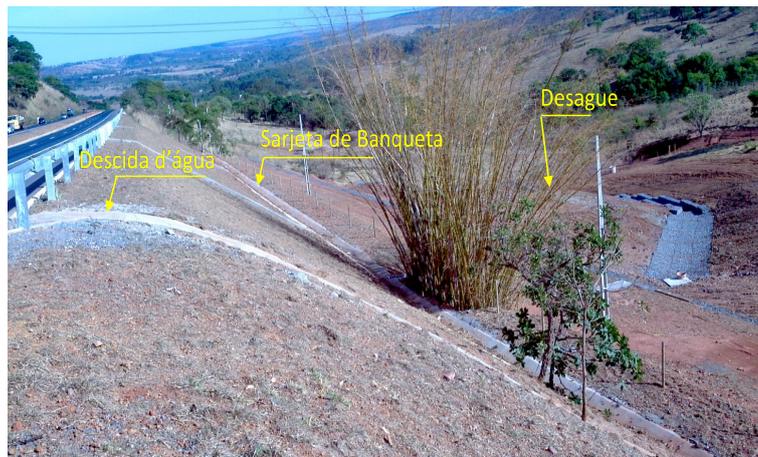


Figura 16. Descida d'água executado as margens do trecho recuperado na Rodovia BR 060.

5.2 Contenção em Gabião

Solução bastante utilizada, seja para estabilidade de aterros, contenção, proteção superficial de encostas, de cursos d'água e rodovias. São elementos de forma prismática ou cilíndrica, constituídos por uma rede metálica e preenchidos com pedras de mão ou seixos rolados, destinadas à solução de problemas geotécnicos, hidráulicos e de controle da erosão. Os gabhões podem ser, (gabião tipo caixa, gabião tipo colchões Reno ou gabião em sacos). Os gabhões são capazes de drenar as águas de percolação dos terrenos e de resistir a todos os tipos de esforços, e sobretudo, de trabalhar sob tração eliminando assim um dos principais fatores de instabilidade.

Para a recuperação do aterro e resolver os problemas de drenagem, utilizou-se estruturas em gabião. Foram executadas quatro tipos, três do tipo caixa e um do tipo Reno. As Figuras 17 e 18 mostram a seção tipo da rodovia e em seguida nas Figuras 19 a 21 mostram-se a execução e alguns dos sistemas em gabião, e nas Figuras 22 e 23 o trecho finalizado.

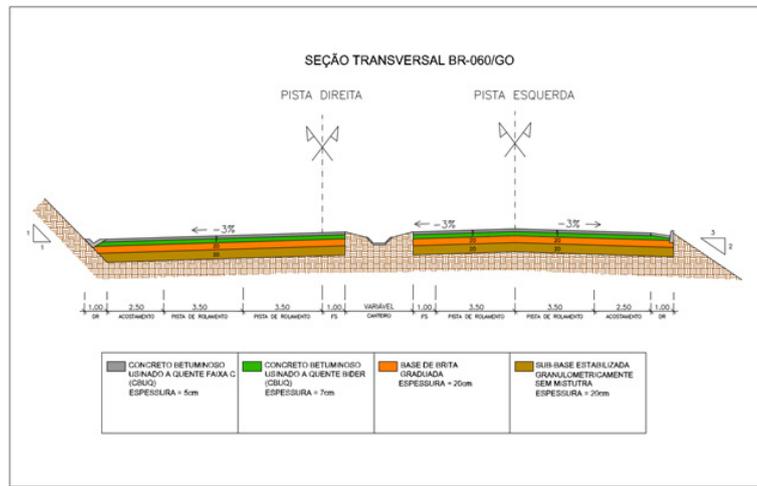


Figura 17. Seção transversal da BR 060 no trecho rompido (DNIT, 2011).

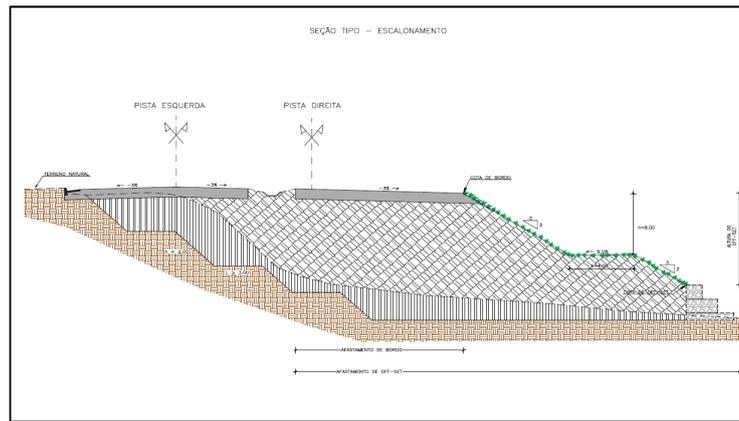


Figura 18. Seção tipo para o trecho recuperado da BR 060 (DNIT, 2011).



Figura 19. Execução da contenção em gabião.



Figura 20. Execução da contenção em gabião.



Figura 21. Sistema implantado com a finalização da obra.

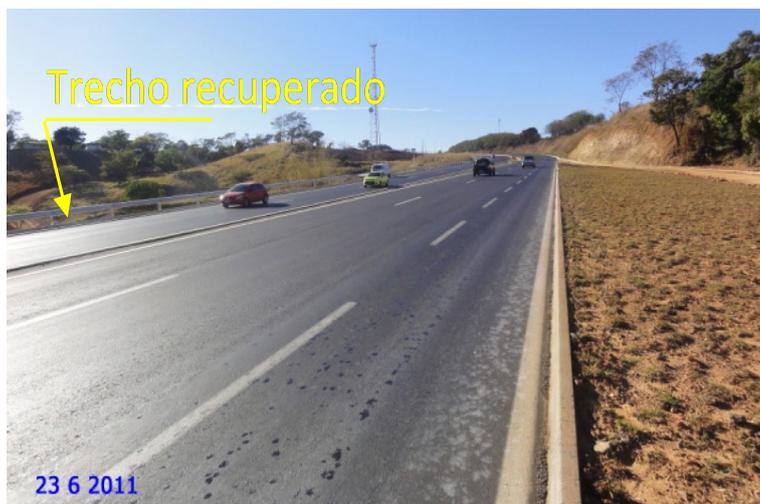


Figura 22. Trecho recuperado e finalizado (Lino, 2016).



Figura 23. Trecho recuperado e finalizado (Lino, 2016).

6 | CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Este artigo procurou apresentar análises das possíveis causas do deslizamento, mas também as soluções adotadas para recuperação do trecho que rompeu da BR-060/GO na divisa entre o Distrito Federal e o estado de Goiás, próximo à cidade de Alexânia/GO. Assim, diante dos estudos e verificações de campo, mas também das devidas análises é possível concluir:

a) O período chuvoso na região, com grande intensidade entre os meses de dezembro e janeiro, aumentou a saturação do solo, e a percolação com caminhos preferenciais de fluxo vindo a provocar processos erosivos, principalmente erosão interna, mas também a consequente diminuição da resistência do maciço nos locais onde o regime de escoamento das águas eram mais concentrados;

b) Assim, uma das principais causas da ruptura do trecho rodoviário, foi o grau de saturação do solo e o aumento da poro pressão, ocasionados pelas chuvas, com a consequente instabilização do maciço;

c) A montante do corte realizado para instalação da rodovia, havia uma área considerável em que houve a supressão da vegetação nativa objetivando investimentos na agricultura e pecuária. Além da supressão de vegetação, verificou-se a instação de bacia no terreno para armazenamento de água que conciliada à infiltração e ao escoamento provocaram o possível caminho preferencial de fluxo na massa de solo vindo ao aumento da saturação do subsolo à rodovia;

d) Ao se analisar possíveis causas de ruptura em rodovia, tem-se como grande importância os estudos geológicos-geotécnicos, ambiental e hidrológico de uma região para a execução de obras de engenharia. Com esses estudos pode-se determinar a melhor forma e o tipo mais adequado de obra a ser implantada;

e) A interferência e a ação humana tem provocado aspectos negativos no meio ambiente, consequentemente interferindo em obras de engenharia. Essas ações provocam a degradação do solo, processos erosivos graves e mudanças na dinâmica

superficial e subterrânea de regiões. No estudo de caso em questão, essa interferência ocasionou o surgimento de nascentes e bacias de infiltração, fatores que contribuíram para o rompimento da rodovia;

f) Com a análise dos problemas ambientais encontrados na região, justifica-se a execução dos dispositivos de drenagem e a contenção em gabião. A drenagem subterrânea e superficial tem como objetivo conduzir as águas para locais adequados, evitando danos a obra implantada. Já as estruturas de contenção em gabião, tem como objetivo principal conter o aterro e evitar os processos erosivos;

g) A importância de medidas preventivas em vez das corretivas a fim de evitar danos em obras e(ou) transtornos à população e danos ao meio ambiente;

h) A fim verificar as condições atuais do sistema implantado, procedeu-se à visita, em de julho de 2017, ao local em que ocorreu a ruptura e constatou-se que as obras implantadas estão condizentes com o funcionamento esperado.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a JM Terraplenagem e Construções Ltda., a Reforsolo Engenharia Ltda., Universidade Católica de Brasília (UCB), Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) e ao Instituto de Ensino Superior Planalto com contribuições importantes que tornaram possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASTM D3080/D3080M:2011 - **Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.**

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Tensão admissível em fundações diretas.** São Paulo: Rima, 2003. 134 p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT: 2011. **Projeto Executivo de Obra Emergencial para a Rodovia BR-060/GO, Div. DF/GO Entrº BR-364 (Contorno de Jataí), Entrº GO-425 – Entrº GO-139 (Início Travessia Urbana Alexânia).**

Geo-slope international. (2012). **Stress deformation modeling with SIGMAW, an engineering methodology.** 335 p.

LINO, T. M. **Estabilização de Taludes.** 2016. 82p. Trabalho de Conclusão de Especialização, Publicação ENC. TCC– 020.1, Departamento de Engenharia Civil, Instituto de Ensino Superior Planalto, Brasília, DF.

SCHNAID, F. (2000) – **Ensaios de Campo de suas Aplicações à Engenharia de Fundações.** 1ª. Edição, Oficina de Textos, São Paulo, 189 p.

SOBRE O ORGANIZADOR

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-432-0

