



115
\$

Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROJETO BÁSICO PARA CONTRATAÇÃO DE FUNDAÇÃO

1. OBJETO

Contratar fundação de direito privado, sem fins lucrativos, para apoiar o projeto "**Mecânica do contato: elaboração de diagrama shakedown e sua aplicação para o par roda-trilho**" na gestão das atividades administrativas e financeiras necessárias à sua execução.

2. CONTRATADA

Será contratada a Fundação Espírito-santense de Tecnologia (FEST), CNPJ: 02.980.103/0001-90

3. PRAZO DE VIGÊNCIA PREVISTO PARA O CONTRATO

Será de **18 (dezoito)** meses a contar da assinatura do contrato.

4. FONTE DOS RECURSOS FINANCEIROS

Os recursos serão provenientes da VALE S.A. e serão aplicados conforme descrito no ANEXO I.

5. DETALHAMENTO DA APLICAÇÃO DOS RECURSOS (DESPESAS)

1) As despesas com diárias foram estimadas levando-se em conta a previsão de deslocamentos que serão realizados ao longo da execução do projeto e teve por base os valores de diárias previstos pelo CNPq.

2) As despesas com bolsas foram calculadas com base na duração do projeto e teve por base os valores de mensalidade previstos pelo CNPq.

3) As despesas com a aquisição de equipamentos e materiais permanente nacionais foram estimadas através de orçamentos realizados com pelo menos 3 empresas.

4) As despesas com as adequações de instalações ou obras foram estimadas através de orçamento realizado

6. CUSTOS DOS SERVIÇOS OPERACIONAIS DA FUNDAÇÃO

O custo dos serviços prestados pela FEST será de R\$ **19.052,25** divididos em 18 parcelas mensais iguais. A planilha com detalhamento do custo dos serviços encontra-se no ANEXO II.

7. VALOR DO CONTRATO

O valor a ser gerenciado pela FEST será de R\$ **246.137,25**.

8. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA CONTRATADA

- A (FEST) é uma localizada dentro do Campus da UFES, sendo de fácil acesso e apresentando boa disponibilidade de atendimento.

- A (FEST) tem à disposição para consulta toda a documentação necessária, atualizada, para que possa realizar convênios e contratos com instituições públicas, isto é, todas as certidões negativas de débito junto aos diversos órgãos de controle e fiscalização.



116
J

Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

- A (FEST) já presta apoio à execução e gerenciamento de vários contratos e convênios da UFES com outras instituições.
- A (FEST) oferta preços compatíveis com os valores de mercado, de instituição especializada no ramo, na Praça de Vitória (ES), para execução dos serviços.
- A (FEST) encontra-se constituída nos termos da legislação brasileira e, na condição de Fundação de Apoio à Universidade, direciona suas atividades ao patrocínio e difusão do ensino, por meio do apoio à UFES no desempenho de suas atividades acadêmicas e à promoção da cultura.
- É próprio da finalidade da (FEST) apoiar as diversas atividades originadas da Instituição Federal de Ensino Superior, dando maior flexibilidade às ações estabelecidas entre a UFES e a comunidade interessada em seus serviços, nos estritos termos previstos na Lei 8.958/94.

9. TAREFAS A SEREM EXECUTADAS PELA CONTRATADA

- a) Administrar os recursos financeiros necessários à execução do objeto do Acordo, zelando pelo seu melhor aproveitamento e responsabilizando-se, também, pelos recolhimentos previdenciários e fiscais dos profissionais envolvidos.
- b) Zelar pela reputação das Partes, não podendo qualquer uma delas utilizar-se do nome, marca ou logomarca das outras, sem prévia e expressa anuência.
- c) Cumprir com as demais obrigações estabelecidas no presente instrumento, incluindo-se a obrigação de Relatório Físico Financeiro.
- d) Responsabilizar-se por eventuais questões tributárias, previdenciárias e trabalhistas oriundos do pessoal que alocar ao Projeto.
- e) Responder pela supervisão, direção técnica e administrativa de sua força de trabalho necessária à execução deste Acordo.

10. FISCALIZAÇÃO, COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA E ORDENAÇÃO DE DESPESAS DO CONTRATO

Acontecerá conforme o quadro a seguir:

ATRIBUIÇÃO	NOME	SIAPE	CPF
FISCAL	Marcelo Camargo Severo de Macêdo	1220615	975.200.397-49
FISCAL ADJUNTO*	-	-	-
COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA	Cherlio Scandian	1172981	967.673.087-49
COORDENAÇÃO ADJUNTO*	-	-	-
ORDENAÇÃO DE DESPESAS	Cherlio Scandian	1172981	967.673.087-49

**Facultativo*

As respectivas responsabilidades são aquelas elencadas na Resolução 11/2015 e alterações posteriores.

11. DOCUMENTOS ADICIONAIS

Fazem parte deste projeto os seguintes documentos (assinalar no campo esquerdo):

<input type="checkbox"/>	Extrato de informações do projeto que será apoiado
<input type="checkbox"/>	Ata de aprovação no Departamento do projeto que será apoiado (apenas para projetos oriundos de Centros Acadêmicos)
<input type="checkbox"/>	Ata de aprovação no Conselho Departamental do projeto que será apoiado (apenas para projetos oriundos de Centros Acadêmicos)
<input type="checkbox"/>	Justificativa de Interesse Institucional e Registro na Pró-Reitoria de origem (quando cabível)
<input type="checkbox"/>	Planilha de Receitas e Despesas com análise
<input type="checkbox"/>	Pesquisa de preço de outra(s) fundação(ões) (VER COM RAFAEL)
<input type="checkbox"/>	Declaração de não contratação de familiares, salvo mediante processo seletivo (INCLUIR MODELO)
<input type="checkbox"/>	Documento indicando a origem dos recursos do projeto principal, quando cabível



117
J

Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Autorização para isenção parcial ou total do ressarcimento à UFES 3%
Autorização para isenção parcial ou total do ressarcimento à e DEPE 10%
Aprovação do Conselho Universitário (contratos de valor superiores a R\$ 2.000.000,00 (dois milhões)
Declaração de não percepção de remuneração superior ao teto constitucional

Em 17/02/2016

NOME	ASSINATURA
Cherlio Scandian	



Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ANEXO I – EXTRATO DE INFORMAÇÕES DO PROJETO QUE SERÁ APOIADO

(Conforme art.6º, §1º do Decreto nº 7.423/10)

1. ENQUADRAMENTO:

No âmbito do [art. 1º da Lei 8.958/94](#) classifica-se como (marque "X" do lado esquerdo do nome da modalidade):

MODALIDADES ¹	
<p><input type="checkbox"/> Desenvolvimento institucional Seu principal objetivo é a gerar produtos que resultem em melhorias mensuráveis da eficácia e eficiência no desempenho da IFE, com impacto evidente em sistemas de avaliação institucional do MEC e em políticas públicas plurianuais de educação com metas definidas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Desenvolvimento científico e tecnológico São aqui enquadrados os programas, projetos, atividades e operações especiais, inclusive de natureza infraestrutural, material e laboratorial, <u>que levem à melhoria mensurável das condições da UFES</u>, para o cumprimento eficiente e eficaz de sua missão, conforme descrita no Plano de Desenvolvimento Institucional. A atuação da fundação será limitada às obras laboratoriais, aquisição de materiais e equipamentos e outros insumos especificamente relacionados às atividades de inovação e pesquisa científica e tecnológica.</p>
<p><input type="checkbox"/> Extensão Seu principal objetivo é a prestação de serviços à comunidade indissociada do ensino e da pesquisa, logo, apenas as prestações de serviços resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica <u>geradas na UFES</u>. Não são aqui enquadrados os projetos de apoio a toda e qualquer prestação de serviço oferecida pela UFES.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa Seu como principal objetivo é a produção de novos conhecimentos indissociada do ensino e da extensão, logo, podem ser enquadrados aqui aqueles projetos que tenham os seguintes resultados: criações, inovações, pesquisas financiadas por agências de fomento, monografias, dissertações, teses e publicações classificadas pela Comissão Qualis Periódicos da CAPES. Entende-se por criação e inovação os conceitos estabelecidos pela Lei 10.973/2004.</p>
<p><input type="checkbox"/> Ensino Seu principal objetivo é apoiar os cursos ofertados pela UFES para os quais <u>não é vedada</u> a cobrança de taxas de matrícula e mensalidade.</p>	<p><input type="checkbox"/> Estímulo à Inovação Estão aqui enquadrados os projetos que promovam a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços, conforme art.2º, IV, da Lei 10.973/2004.</p>

2. NOME DO PROJETO

Mecânica do contato: elaboração de diagrama shakedown e sua aplicação para o par roda-trilho

3. NÚMERO DO PROCESSO

23068.016455/2015-52

4. PROJETO BÁSICO

O projeto tem por objeto estudar o fenômeno shakedown, oriundo da mecânica do contato, e sua correlação com o atrito possibilitando, assim, à VALE determinar parâmetros operacionais das ferrovias visando o aumento da vida útil dos componentes utilizados no contato roda-trilho. As simulações numéricas, que serão efetuadas para levantamento do diagrama shakedown, serão realizadas inicialmente em equipamentos já instalados em laboratórios das universidades envolvidas no projeto, a saber, UFES (Engenharia mecânica) e USP (Engenharia mecânica). Como resultados do projeto, além da elaboração de uma dissertação de mestrado e uma ferramenta computacional para a geração do diagrama shakedown, esperam-se qualificar colaboradores da VALE, em especial

¹ Para o projeto que não puder ser registrado em sistema digital deverá ser apresentada a declaração de interesse institucional pelo setor da UFES responsável declarar o seu interesse.

**Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

aqueles que participam no projeto Cátedra roda-trilho, no que tange os conceitos do fenômeno shakedown para que possam empregar esse conhecimento na busca de uma operação mais eficiente nas ferrovias.

5. OBJETO DO PROJETO

Gerais

- 1) Elaboração de uma dissertação de mestrado cujo o tema é: Estudo do diagrama shakedown e sua correlação com o atrito aplicado ao contato roda-trilho;
- 2) Constituição de um grupo de pesquisa voltado à mecânica do contato, especialmente no que tange ao par roda-trilho, na UFES;
- 3) Constituir um projeto de pesquisa que dará suporte ao projeto Cátedra roda-trilho (VALE-USP).

Específicos

- 1) Constituição de um banco de dados sobre o fenômeno shakedown;
- 2) Elaboração do diagrama shakedown, dado as especificidades das ferrovias da VALE, através de simulações numéricas adequadas;
- 3) Apresentação sobre o conceito do fenômeno shakedown para os colaboradores da VALE, em especial, àqueles que pertencem ao projeto Cátedra roda-trilho;
- 4) Apresentação dos resultados das simulações obtidas na dissertação de mestrado e treinamento dos colaboradores na utilização do código computacional adaptado, em especial, aqueles que pertencem ao projeto Cátedra roda-trilho.

6. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Vias férreas quase que invariavelmente sofrem algum grau de deformação plástica. A deformação é particularmente severa em vias de transporte, onde os trilhos estão submetidos às extremas cargas das rodas. A deformação é conduzida pelas elevadas tensões tangenciais e normais que atuam entre as rodas e os trilhos e é um exemplo de escoamento plástico incremental ou "ratchetting": cada passagem sucessiva de uma roda ao longo da pista provoca um pequeno aumento nas deformações plásticas, que continuam a acumular ao longo de muitos milhares de ciclos, levando no limite, ao esgotamento plástico do material [1].

Uma das formas de mitigar o acúmulo de deformações plásticas no trilho e buscar um aumento de vida útil é através do estudo do fenômeno shakedown. Kapour e Johnson [2] definem shakedown como o processo pelo qual uma estrutura submetida a um carregamento cíclico, que se deforma plasticamente durante a primeira aplicação de carga, atinge após uma determinada quantidade de ciclos um estado estacionário em que a resposta do material é perfeitamente elástica.

Muitos contatos em rolamento, tais como o contato roda-trilho, mostram evidências de deformação plástica sob a ação de cargas repetitivas e podem sofrer o processo de shakedown. O comportamento real desses contatos é complexo. A primeira passagem de uma carga que exceda o limite elástico do material de um ou de ambos os corpos de rolamento dá origem a três efeitos separados, cada um dos quais tende a inibir a deformação plástica em ciclos de carregamento subsequentes e contribuem para o acontecimento do shakedown [2]:

- (i) As tensões residuais são introduzidas;
- (ii) O material pode encruar e;
- (iii) A área de contato pode mudar, possibilitando uma redução na pressão de contato.

Departamento de Contratos e Convênios
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

A máxima carga para que ocorra shakedown é conhecida como "limite shakedown". A aplicação repetitiva de uma carga que exceda esse limite causará repetida deformação plástica no estado estacionário [3].

Em geral, duas abordagens podem ser usadas para obter o limite shakedown. A primeira é numérica, o componente é modelado como uma malha de elementos finitos, e usando um código computacional adequado elástico-plástico, a carga é aplicada para que as tensões internas e as componentes de deformação de cada elemento da malha possam ser determinadas. A carga é então removida, e assim, as deformações e tensões residuais são avaliadas. Na próxima aplicação de carga o efeito dessas tensões residuais é considerado. O processo é então repetido até que um estado estacionário seja alcançado em que as deformações e tensões residuais não tenham mais influência de um ciclo para o próximo, implicando que as condições elásticas foram alcançadas.

A segunda abordagem faz uso dos teoremas shakedown da teoria da plasticidade para obter fronteiras superior e inferior do limite shakedown. Essa abordagem tem a vantagem de ser predominantemente analítica e assim, evidenciar importantes variáveis envolvidas no sistema. Já que ela alcança o estado estacionário de forma direta, utilizando somente tensões elásticas, esta abordagem requer de forma geral um esforço computacional menor.

Os teoremas apropriados para um sólido perfeitamente elástico-plástico, sujeito a cargas repetitivas, foram obtidos por Melan e Koiter:

- (i) O teorema estático, devido à Melan afirma que: Se qualquer campo de tensões residuais invariante no tempo, satisfazendo as condições de equilíbrio, pode ser encontrado de forma que em nenhum momento o limite de escoamento é violado, então shakedown irá ocorrer. Este teorema fornece uma fronteira inferior do limite shakedown [4];
- (ii) O teorema cinemático, devido à Koiter afirma que: Shakedown não ocorrerá se houver um ciclo cinematicamente admissível de deformação plástica que possa ser encontrado em que o trabalho realizado pelas cargas externas exceda o trabalho de dissipação plástica interna. Este teorema proporciona assim, uma fronteira superior do limite shakedown [4].

A aplicação desses teoremas nos fornece fronteiras para o limite shakedown, e com o refino dos resultados, essas duas fronteiras tendem ao encontro e assim, o exato limite é estabelecido. Este limite pode ser levantado para diferentes coeficientes de atrito e assim, pode ser construído um diagrama Shakedown, como apresentado na Fig. 1:

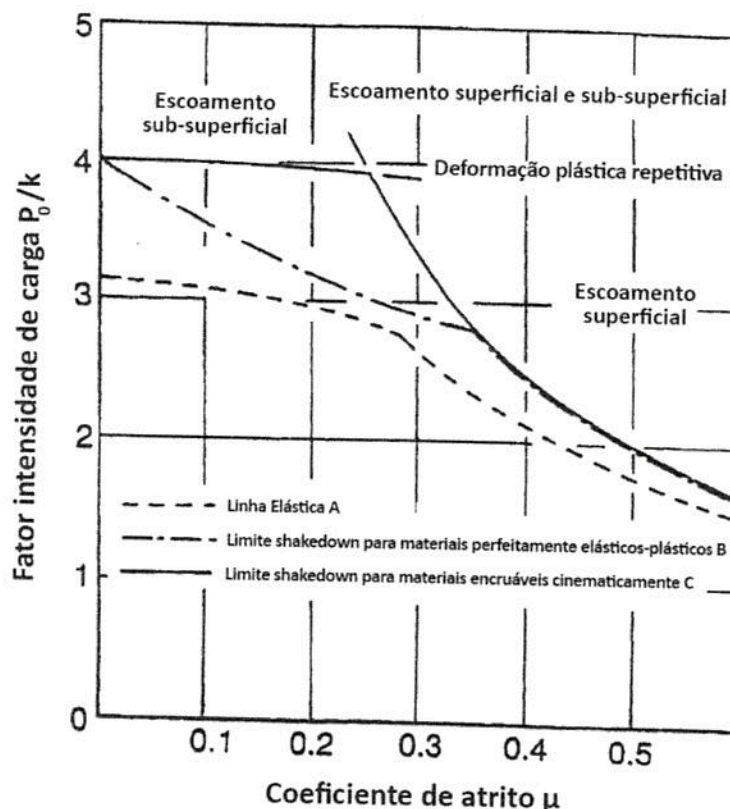


Figura 1 - Diagrama Shakedown em que o Limite shakedown é plotado em relação ao coeficiente de atrito. As regiões abaixo das curvas podem ser consideradas "safes". A curva A ilustra o caso mais conservador onde o limite elástico do material nunca é excedido: Curva B mostra o efeito do fenômeno Shakedown em um material elástico-plástico ideal e a curva C o desempenho adicional possível em materiais que sofrem encruamento cinemático. Adaptado [3].

Com o diagrama shakedown elaborado, pode-se então prever o comportamento do material sob efeito de carregamento cíclico para um dado coeficiente de atrito:

- Se o ponto de operação do contato plotado no diagrama fica abaixo da curva A (limite elástico) nenhum elemento do material atinge o escoamento, e o material responderia elasticamente como mostrado na Figura 2a;
- Entre as curvas A e B, um material perfeitamente elástico-plástico escoará inicialmente, mas atingirá o shakedown em regime permanente como exposto na Fig. 2b. A elevação da curva B em relação a A indica a contribuição das tensões residuais para o shakedown;
- Condições entre B e C somente resultam em shakedown se o material for capaz de encruar cinematicamente, levando a uma resposta elástica do material no regime estacionário como exibido na Figura 2b. A elevação da curva C em relação a B indica a influência do encruamento para o shakedown;
- Se o ponto de operação está acima da curva C, o limite shakedown é excedido e então ocorrerá deformação plástica em cada ciclo de carregamento. Ela poderá assumir duas formas;
 - Um ciclo fechado de deformação plástica que ocorre sem nenhum crescimento líquido de deformação plástica. Este tipo de resposta do material ocorre tipicamente em condições de baixo coeficiente de atrito, onde a deformação plástica acontece subsuperficialmente sendo revestida de material elástico que atua impedindo o crescimento líquido de deformação plástica [4]. A resposta

do material solicitado nessa condição de carregamento é apresentada na Figura 2c. Materiais nessas condições falham, em geral, por fadiga de baixo ciclo;

- Em condições de maior carregamento ou um maior coeficiente de atrito, o escoamento plástico acontece na superfície de contato e a resposta do material ocorre na forma de incrementos de deformação plástica que acumulam, a cada ciclo de carregamento, em um processo conhecido como ratchetting conforme apresentado na Figura 2d. O ratchetting leva, em geral, a uma falha por fratura dúctil devido acúmulo de deformações unidirecionais.

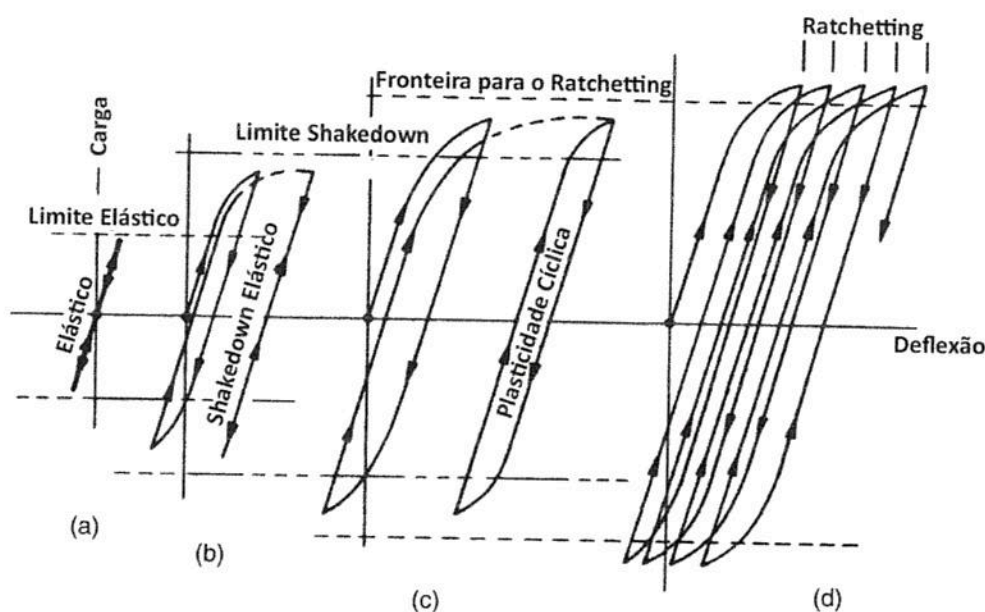


Figura 2 - Diferentes formas de resposta ao carregamento cíclico: (a) perfeitamente elástica, (b) shakedown, (c) plasticidade cíclica, (d) ratchetting. Adaptado [3].

A deformação plástica inicial pode induzir também uma mudança na geometria de contato, podendo dessa forma, contribuir para a ocorrência do shakedown.

Por exemplo, uma esfera rígida rolando em uma superfície plana elástica-plástica, se a carga se encontra acima do limite elástico do material o rolamento da esfera no plano produzirá um sulco permanente na superfície. Durante as passagens subsequentes da esfera ao longo da mesma pista, a conformidade entre a esfera e o perfil côncavo do sulco aumenta, e assim, a área de contato aumenta e a pressão de contato diminui. Esta ação claramente promove shakedown.

Experimentos realizados por Hearle [5], no rolamento repetitivo de discos dentro da mesma pista de desgaste, demonstram uma tendência na mudança da área de contato de um perfil elíptico (nos primeiros ciclos de carregamento) para um perfil retangular (após muitos ciclos de carregamento). A mudança de uma área de contato elíptica para uma retangular implica em uma mudança na distribuição de pressão semi-elipsoidal (Hertz) para uma que é semielíptica na direção rolamento e uniforme na direção transversal (Kunert) [2].

Na comparação, os limites shakedown levantados para a distribuição de pressão de Kunert se mostraram maiores em relação aos levantados para a distribuição de pressão de Hertz como evidenciado a Figura 3. Mostrando claramente que a mudança na geometria de contato e a consequente mudança na distribuição de pressão contribuem para o acontecimento do shakedown.

Outro fator que pode influenciar no fenômeno shakedown é o acabamento superficial da superfície solicitada. Na figura 4 o limite shakedown é mostrado como uma função do índice de plasticidade, mostrando de forma clara que a melhora no acabamento superficial contribui para o shakedown.

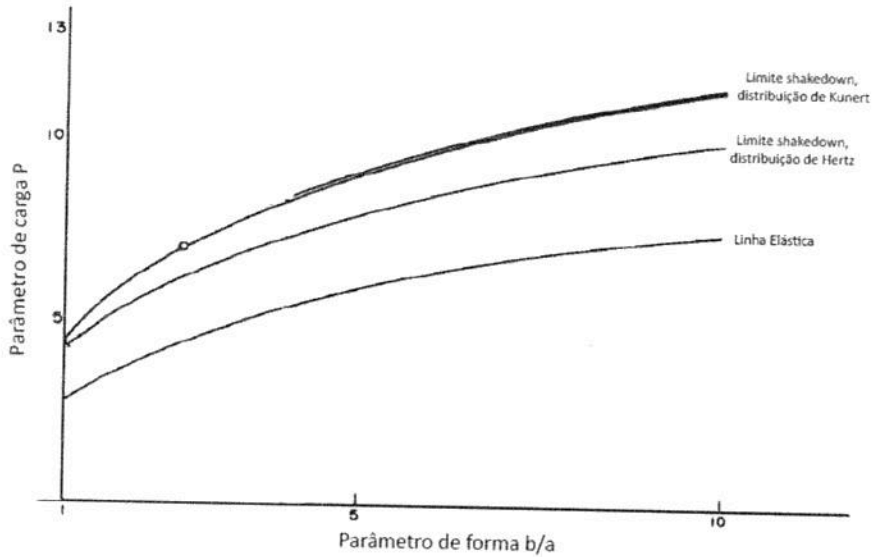


Figura 3 - Limites shakedown para as distribuições de pressão de Hertz e kunert plotados em relação ao parâmetro de forma b/a. Adaptado [1].

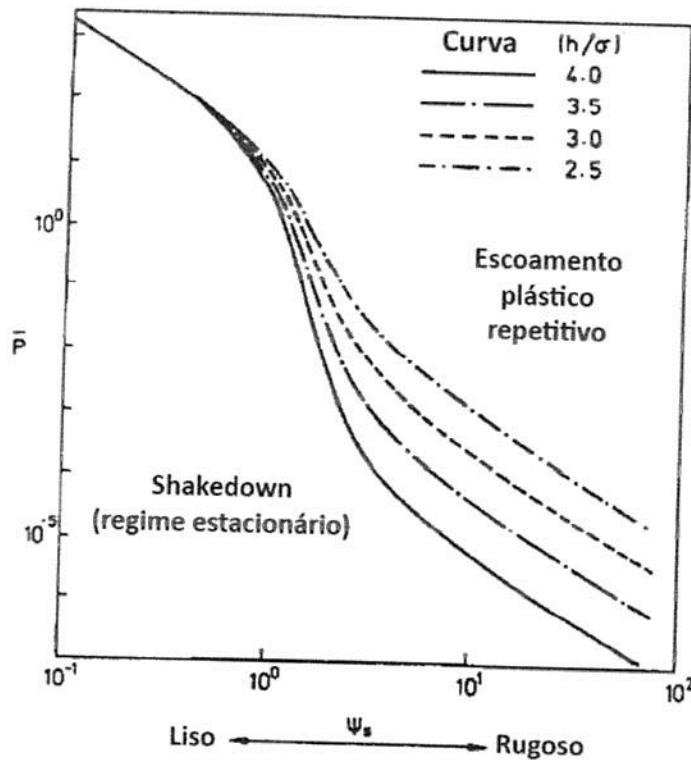


Figura 4 - Diagrama shakedown para superfícies rugosas (uma dura, outra dúctil) em contato deslizante. Ψ_s = índice de plasticidade, h = máxima altura das asperezas duras. [13] Adaptado.

O sistema roda-trilho pede um coeficiente de atrito alto o suficiente para que tração e frenagem ocorram apropriadamente, e o mais baixo possível para que haja economia de combustível. A literatura nos diz que na prática esse coeficiente de atrito gira em torno de 0,3. Dessa forma, o sistema roda-trilho quando submetido a um alto carregamento é mais propício a ocorrência de ratchetting do que plasticidade cíclica.

O diagrama shakedown se mostra, então, como uma ferramenta poderosa na escolha de um ponto de operação ótimo que proporcione tração e frenagem adequados, economia de combustível e um aumento da vida útil dos trilhos.

7. PRAZO DE EXECUÇÃO

#	Atividade	Início	Término
1	Constituição de um banco de dados sobre a mecânica do contato e diagrama shakedown	Início do projeto	Mês 17
2	Estudo de um código computacional já existente e adequação deste ao fenômeno shakedown voltado ao contato roda-trilho	Início do projeto	Mês 6
3	Realização de simulações para a elaboração do diagrama shakedown	Mês 4	Mês 16
4	Redação da dissertação de mestrado	Mês 16	Mês 18
5	Realização de palestras para colaboradores da VALE	Mês 8	Mês 18



125
J

8. RESULTADOS ESPERADOS

São os seguintes resultados esperados:

- 1) Uma dissertação de mestrado dentro do escopo deste projeto;
- 2) Nucleação de um grupo de pesquisa voltado à mecânica do contato, no que tange ao par roda-trilho, na UFES e o intercâmbio direto com os colaboradores da VALE;
- 3) A elaboração de uma ferramenta computacional capaz de gerar diagramas shakedown para que se possa determinar a mais adequada condição de operação nas ferrovias da VALE;
- 4) Um aumento de vida útil nos trilhos das ferrovias da VALE tornando a operação ferroviária mais eficiente, reduzindo-se o custo da operação ferroviária;
- 5) Geração de conhecimento científico e tecnológico na área, com apresentação dos resultados obtidos em congressos científicos, publicação de artigos e depósito de patentes;
- 6) Formação continuada de recursos humanos.

9. ORIGEM DOS RECURSOS

Os recursos serão providenciados pela VALE S.A.

10. LISTA DE PARTICIPANTES E VALORES PERCEBIDOS

NOME	SIAPE	VALOR A RECEBER
Cherlio Scandian	1172981	R\$ 27.000,00
Roberto Martins de Souza	----	R\$ 27.000,00
Rodrigo Pereira Gonçalves	----	R\$ 27.000,00
IC	----	R\$ 7.200,00

11. PAGAMENTOS PREVISTOS A OUTRAS PESSOAS POR PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

PESSOA JURÍDICA		
NOME	CNPJ	VALOR A RECEBER

PESSOA FÍSICA		
NOME	CPF	VALOR A RECEBER