

## **O ESTUDO DO IMPACTO DA CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS MOTORIZADOS NA PRAIA DO CASSINO ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICOS**

**Heitor Vieira**

Grupo de Estudos de Transportes  
Fundação Universidade Federal do Rio Grande

**Lauro J. Calliari**

Laboratório de Oceanografia Geológica  
Fundação Universidade Federal do Rio Grande

**Guilherme P. de Oliveira**

Grupo de Estudos de Transportes  
Fundação Universidade Federal do Rio Grande

### **RESUMO**

O impacto de veículos na praia foi investigado através de uma pesquisa efetuada ao longo de um setor da ilha barreira localizada na costa sul-rio-grandense. Nesta área, fatores culturais, geomorfológicos e políticos vêm provocando um impacto sem precedentes no ambiente. A faixa de praia está sendo severamente modificada por um tráfego intenso de veículos, num processo de degradação que já compromete o habitat de espécies importantes à sobrevivência do ecossistema. O estudo procurou determinar parâmetros físicos normalmente relacionados à compactação de areias, como a resistência à penetração e condutividade hidráulica, em pontos situados nas áreas onde o impacto é mais intenso e pontos de controle, sobre áreas sem tráfego. Deste modo, foi possível evidenciar alterações físicas em várias zonas da praia com repercussão sobre a vegetação pioneira, formação de dunas e sobrevivência das espécies.

### **ABSTRACT**

Impact of vehicles on the beach was investigated via survey conducted along a sector of a barrier island located on the southern coast of Rio Grande do Sul state, Brazil. At that site, cultural, geomorphological and political factors have been causing an unprecedented impact on the environment. The beach has been severely modified by intense traffic of vehicles, which has been degrading the habitat of important species responsible for the ecosystem survival. The study focused on determining the physical parameters related to sand compacting as penetration resistance and hydraulic conductivity, at two specific areas; one under intense impact and another on a more preserved region. It was possible to evidence physical changes at several zones of the beach with influence on pioneer vegetation, dune formation and species survival.

### **1. INTRODUÇÃO**

A praia do Cassino, localizada na Costa sul-rio-grandense apresenta, provavelmente, uma das faixas de praia mais impactadas pelo trânsito de veículos no mundo. Fatores históricos, culturais, geomorfológicos e uma interpretação errônea da legislação permitem o trânsito de veículos de qualquer tipo sem qualquer restrição. Algumas espécies são encontradas apenas em áreas remotas e outras são encontradas apenas em pequenos grupos, compostos quase sempre de indivíduos jovens, que não chegam a atingir a fase adulta. Este trabalho tenta mostrar evidências da modificação do ambiente através de parâmetros físicos, utilizando a resistência à penetração e condutividade hidráulica da areia em perfis de praia.

A compactação de uma camada de areia reduz o índice de vazios aumentando a resistência aos deslocamentos de líquidos e gases no meio, interferindo nos processos biológicos presentes nestes meios. Além deste fator, existe a própria barreira física representada pela areia compacta aos deslocamentos de raízes e de seres que tem seu local de moradia ou de alimentação nestas zonas.

Muitos autores constataram o impacto da circulação de veículos automotores em dunas e faixas de praia diretamente na biota. Embora a maioria relacione os problemas com a compactação da camada superficial da areia (Van der Merwe, 1988; Leatherman, 1988; Priskin, 2003), apenas o primeiro sugere um método para inferi-la, recomendando a utilização da resistência à penetração e a condutividade hidráulica da camada como parâmetros de avaliação.

### **1.1 OBJETIVO E MOTIVAÇÃO DO TRABALHO**

O principal objetivo deste trabalho é mostrar a existência de evidências físicas de modificações ambientais associadas ao trânsito de veículos sobre os sistemas de praias arenosas, apresentando um procedimento para o estudo do impacto nestes ambientes.

O efeito do trânsito de veículos nos sistemas de praias arenosas e suas consequências vem sendo estudado ao longo das últimas décadas devido a preocupação da comunidade científica internacional com o impacto do trânsito de veículos *off-road* (VORs) nas praias (Van der Merwe, 1988; Leatherman, 1988; Priskin, 2003). Deste modo, a tentativa de divulgar este grave problema foi um grande fator motivacional para a elaboração deste trabalho, buscando contrapor a questão cultural através da informação.



**Figura 1:** Dia típico de alta temporada

## 2. A ORIGEM E EVOLUÇÃO DO PROBLEMA DOS VEÍCULOS NA PRAIA

O trânsito de veículos nesta praia iniciou com a era do automóvel no Brasil e começou a tomar proporções nas décadas de 1970 e 1980, tornando-se alarmante a partir dos anos 1990. Na alta temporada, o fluxo de passagem pode atingir o patamar dos 12000 veículos por dia, entre a sede do Balneário e a barra da Laguna dos Patos. Este trecho chega a se integrar ao sistema viário principal do município, ajudando a distribuir os fluxos entre o Balneário e o centro da cidade (Vieira & Wütke, 2003).

Ao fluxo de passagem, ainda se soma uma massa ainda maior de freqüentadores motorizados que usualmente passeia com seus carros ao longo da orla, e que acaba gerando um quadro típico de rodovias ou ruas arteriais, com a ocorrência de incidentes como colisões, quedas, atropelamentos e, até mesmo, congestionamentos.

A circulação se estabelece normalmente sobre a zona de pós-praia, devido às melhores condições de rolamento, numa posição que irá variar de acordo com o grau de umidade da areia. Deste modo, o rolamento se dá sobre uma faixa variável que tende a mudar de posição de acordo com o nível médio das marés, fazendo com que a trilha compactada, de largura entre 9 e 18m ocorra em toda a praia. Estas faixas compactadas pela passagem dos pneus podem ser facilmente identificadas atrás e entre as filas de carro estacionados (ver Figura 1).



**Figura 2:** Represamento das águas pelas barreiras de canalização do fluxo veicular

Não existe qualquer tentativa de coibir o trânsito na praia, havendo inclusive iniciativas oficiais buscando sinalizar e orientar o trânsito sobre a areia da praia mostrando a convivência do poder público municipal. Com a finalidade de oferecer alguma segurança aos usuários tenta-se canalizar os fluxos através de barreiras de areia amontoadas com o uso de máquinas pesadas, numa atividade com enorme potencial erosivo e com conseqüências ao sistema de circulação superficial de águas (ver Figura 2).

No entanto, a tentativa de regular esta mistura de usuários motorizados e banhistas despreocupados não parece possível e a solução mais freqüente é fechar os olhos. Os acidentes ocorridos na faixa de praia são registrados como se tivessem ocorrido em ruas do balneário numa espécie de convivência entre condutores e autoridades para ocultar os problemas de trânsito de uma faixa de rolamento que oficialmente não existe, resolvendo, por exemplo, os problemas que possam ocorrer em relação aos pagamentos de seguros de acidentes.

A preocupação em relação a este ambiente tão dinâmico vem do fato que, embora estes ecossistemas sejam bem adaptados às severas condições ambientais, com variações de salinidade, temperatura, umidade etc., parecem ser bastante frágeis em relação a novos impactos originados pela ação do homem e de seus veículos (Leatherman, 1988).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO

A Praia do Cassino, localizada na costa do Rio Grande do Sul (RS), Brasil, está estabelecida sobre uma barreira holocênica de 625km de extensão, de morfologia caracteristicamente dominada por ondas. Os depósitos produzidos se orientam na forma de barras e bancos paralelos à linha de costa. A conformação praticamente retilínea da costa faz com que sofra a ação direta de ondas de média e alta energia, que, juntamente com a abundância de sedimentos de granulometria muito fina e pequena amplitude das marés, faz com que as praias assumam um comportamento morfodinâmico dissipativo (Calliari & Klein, 1993; Tozzi & Calliari, 2000).

As ondas que atingem a costa gaúcha, muitas vezes de forma sobreposta, são: ondulações (*swell waves*), vagas (*sea waves*) e ondulações de tempestades (*storm surges*), esta última, habitualmente associada a expressivas elevações do nível do mar gerando intensos processos erosivos e grande movimentação sedimentar. As tempestades oceânicas desta região são resultantes dos movimentos ciclônicos, que atuam em regiões mais ou menos próximas da zona costeira. O poder erosivo está relacionado à duração, intensidade e localização da pista de vento, enquanto que os danos costeiros estão relacionados com a exposição, orientação e as características sedimentares dos sistemas praias (Calliari *et al.*, 1998; Tozzi & Calliari, 2000).

As ondas de tempestades podem apresentar consequências desastrosas quando coincidem com as maiores amplitudes de maré, sendo a costa gaúcha afetada principalmente durante o período de primavera e outono. As grandes variações de volume no perfil praias ocorrem no outono (abril e maio) quando as marés astronômicas são maiores e esporadicamente coincidem com as marés meteorológicas (*storm surges*) (Calliari *et al.*, 1998). O cordão de dunas tem importante papel nestes casos, na contenção das águas salgadas protegendo o ambiente e as propriedades localizadas nas áreas próximas da orla.

A maioria dos grupos de animais marinhos pode ser encontrada nestas praias, porém as plantas macroscópicas não são tão comuns, restringindo-se a zona de dunas, sendo os vegetais representados, no entanto, por diversas categorias de algas microscópicas. A compreensão destes ecossistemas exige um mínimo de conhecimento dos fenômenos que regem as marés (Borzone *et al.*, 2003).

As plantas mais adaptadas ao estresse salino na zona de deposição de matéria orgânica trazida do mar (*drift line*) propiciam a fixação de areia trazida pelo vento, obstaculizando a sua progressão e proporcionando a formação de dunas embrionárias. A evolução e preservação do cordão são vitais ao surgimento de outras plantas, formando uma estrutura capaz de suportar uma comunidade de pequenos mamíferos e roedores e funcionando ainda como uma barreira ao avanço do mar, protegendo as terras interiores dos seus efeitos.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

O impacto da circulação dos *off-road* vem sendo analisado através da interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite como uma forma de monitorar a proliferação do número de acessos através das dunas e extensão de trilhas na região posterior (Priskin, 2003). Uma série de fotografias aéreas e de imagens de satélites, tomadas em intervalos de tempo adequado, permitiu avaliar as mudanças nas dunas do Cassino desde a década de 1940.

A maioria dos danos ao ambiente e a sua biota está associada à ação erosiva dos pneus e a compactação provocada pelos mesmos. O parâmetro normalmente utilizado para avaliar este efeito de compactação é a resistência à penetração oferecida pelas camadas. (Priskin, 2003; Leatherman, 1988). Na Figura 1, é possível observar a “faixa de rolamento”, visivelmente compactada, e a grande concentração de veículos sobre um trecho de 6 km, muitos estacionados em fila dupla e até tripla.

Van der Merwe (1988) e Leatherman (1988) citam como indicador biológico de impacto à ausência do caranguejo fantasma (*Ocypode quadrata*), de distribuição universal em praias arenosas, e muito sensível à presença de veículos. Na praia do Cassino ele começa a ser encontrado somente a partir 30 ou 40km da área de impacto máximo. Kalil (2000) encontrou uma relação negativa entre a densidade de carros circulando e parados e a densidade de aves de todas as espécies na praia do Cassino.

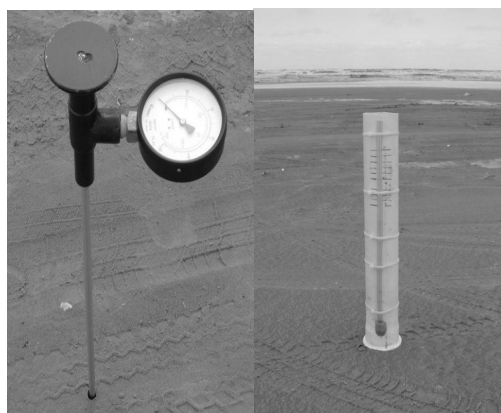
Um bivalve muito comum nesta parte do litoral, o marisco da areia, não é encontrado em tamanho adulto nas zonas de maior trânsito, pois acompanha as marés se enterrando em faixas diferentes da praia, sendo provavelmente prejudicado pela compactação do solo. Os veículos compactam a areia de forma similar a um pavimento do tipo macadame, interferindo nas trocas de ar e água (condutividade hidráulica) entre os interstícios dos sedimentos, criando condições anaeróbicas, impedindo os mariscos (sob a trilha) de estenderem seus sifões em busca de nutrientes, condenando à morte estes organismos que filtram seus alimentos (Leatherman, 1988).

A contribuição erosiva direta da circulação se dá de forma mais intensa onde a trilha se alinha aos ventos predominantes, como o caso avaliado onde uma ligeira curvatura da linha de praia proporciona com frequência o alinhamento de alguma metade do trecho com o vento. Estima-se que a passagem de 10000 veículos pode transportar 150 metros cúbicos de areia por metro de praia (Nieroda apud Van der Merwe, 1988).



**Figura 3:** Trilhas no drift line

A maré alta agrava o problema da circulação, recomendando uma proibição radical da circulação em dias de ressaca. Nestas ocasiões, os condutores são forçados a circular muito próximo ao cordão de dunas e rompem as crostas salinas, importantes na ação antierosiva e que viabilizam a vegetação precursora das dunas (Figura 3), e serve de local de nidificação de algumas espécies de ave.



**Figura 4:** Penetrômetro (esquerda) e permeâmetro (direita)

Van der Merwe (1988) cita vários autores que relacionaram o impacto da passagem de veículos ao aumento da densidade, resistência à penetração e redução da condutividade, sugerindo a utilização de um penetrômetro para investigar as diferenças de compactação em

áreas adjacentes. Nesta pesquisa, foi utilizado um instrumento manual (0 e 100kgf/cm<sup>2</sup>), adequado ao tipo de areia desta praia.

Para medir a condutividade hidráulica, construiu-se um permeâmetro adequado à determinação do coeficiente de permeabilidade da camada superficial do leito praial (figura 3 - direita). Os ensaios de penetração e de permeabilidade foram realizados em 3 regiões de 9 perfis de praia locados com a utilização de uma estação total, GPS de navegação e trena. Na região próxima das dunas (*drift line*) e no entorno das trilhas (região do pós-praia) foram realizados ensaios onde se mediu a penetração para cargas de 40 e 50kgf/cm<sup>2</sup> e a carga necessária para 10cm de penetração. Simultaneamente foram realizados ensaios de infiltração nestas regiões e na região do varrido (próxima à linha d'água). Foram ensaiadas mais 3 zonas de controle em locais remotos (menos impactados) e um utilizado apenas por banhistas não motorizados.

#### 4.1. Ensaio de Permeabilidade

Ensaio foi executado com o equipamento mostrado na Figura 3 (direita), constituído por um tubo de PVC co diâmetro nominal de 75 mm e altura de 40cm e com mangueira externa transparente para facilitar a leitura do nível. O permeâmetro é dotado de uma ponteira metálica com crivo para facilitar a penetração na areia e evitar a erosão quando a água é despejada dentro do tubo. Executa-se o ensaio enchendo o tubo com água até a boca, para que antes de começar a contar o tempo se garanta a saturação do terreno. Mede-se o tempo em minutos, necessário para a coluna d'água descer 5 e 10 cm. A partir dos tempos obtidos nos ensaios é calculado o coeficiente de permeabilidade, utilizando a seguinte equação:

$$K=(R/4h).(dh/dt) \quad (1)$$

Onde

- R: raio do tubo  
H: altura do tubo  
Dh: altura de coluna d'água (10 cm)  
Dt: tempo para descer a coluna d'água

#### 4.2. Ensaios de Penetração

Os ensaios foram realizados com o uso de um penetrômetro manual com ponteira de aço de cerca de 1cm de diâmetro e com ponteira cônica para determinar a resistência em areias com leitura direta em kgf/cm<sup>2</sup>. Os dados obtidos em campo são registrados em uma planilha onde foram colocados os seguintes campos:

- Localização dos Pontos (GPS);
- Resistência à Penetração para 40 kgf/cm<sup>2</sup> (RP40);
- Resistência à Penetração para 50 kgf/cm<sup>2</sup> (RP50);

- Resistência da camada até 10 cm de profundidade (RC10);
- Tempo para infiltração de 5 e 10 cm de coluna d'água;
- Observações sobre ponto e perfil;
- Data, Hora, largura da trilha existente e localização do perfil.

Este ensaio foi executado nos mesmos locais onde foi levantada a condutividade hidráulica, com exceção da faixa próxima à água, onde a areia normalmente se encontra saturada os seus resultados não seriam válidos.

**Tabela 1:** - Exemplo de uma planilha de levantamento de resistência a penetração  
PERFIL 2

TABELA 2							
Pontos		RP 40Kg/cm <sup>2</sup> (cm)	RP 50Kg/cm <sup>2</sup> (cm)	RP 10cm (Kg/cm <sup>2</sup> )	Permeabilidade (min)		Observações
232		5	7	70	5cm	03:05	Base da duna - com presença de finos (argila)
395448	6441131				10cm	06:30	
233		4,5	6	70	5cm	01:10	Ponto antes da trilha existente com pouco uso durante ensaio
395457	6441102				10cm	02:32	
234		10	13	40	5cm	00:44	Ponto entre trilhas
395463	6441080				10cm	01:30	
235		10	12	60	5cm	00:50	Ponto sobre trilha em formação próxima à água
395470	6441045				10cm	01:44	
236		-	-	-	5cm	01:08	Próximo a linha d'agua
395474	6441058				10cm	02:24	
Observações sobre o perfil:			Perfil a 1 km dos molhes que apresentava duas trilhas distintas, sendo uma em formação onde circulavam os carros na hora do ensaio.				

### 4.3. OS RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os resultados dos ensaios realizados foram bastante coerentes com o esperado, uma vez que a compactação mecânica da areia pelos pneus aumenta a sua densidade pela redução dos vazios disponíveis. Quanto mais compacta a areia, menos espaço resta para a água que desce, fazendo com que aumente a resistência à penetração através desta camada.

#### 4.3.1 Resistência à Penetração

Pontos fora da trilha dos veículos:

RP 40 – 13 a 16 cm de penetração;

RP 50 – 17 a 20 cm de penetração;

RC 10 – 20 a 40 kgf/cm<sup>2</sup> de carga.



Pontos sobre a trilha de veículos:

RP 40 – 4 a 5 cm de penetração;

RP 50 – 6 a 9 cm de penetração;

RC 10 – + de 80 kgf/cm<sup>2</sup> de carga.

Como a correlação da compactação com a resistência a penetração é feita de forma direta, pode-se concluir que na faixa de trânsito de veículos apresenta maior compactação.

#### 4.3.2. Condutividade Hidráulica

Pontos fora da trilha dos veículos:

Coefficiente de Permeabilidade (k) entre  $5,20 \times 10^{-3}$  cm/s e  $3,90 \times 10^{-3}$  cm/s;

Pontos sobre a trilha de veículos:

Coefficiente de Permeabilidade (k) entre  $3,30 \times 10^{-3}$  cm/s e  $2,30 \times 10^{-3}$  cm/s;

O grau de compactação experimentado pela areia é inversamente proporcional ao coeficiente de permeabilidade e diretamente proporcional a resistência à penetração, o que parece comprovar a hipótese de alteração do meio ambiente. Todos os resultados possuem ordem de grandeza de  $10^{-3}$  cm/s, características de areias finas.

Os pontos situados sobre trilhas apresentaram resistência à penetração superior a dos terrenos adjacentes, com uma profundidade penetração quatro vezes menor que uma faixa não trilhada, impossibilitando, em muitos casos, a realização do ensaio de penetração de 10cm (com pressões de até 100kgf/cm<sup>2</sup>). Este comportamento é próximo ao das bases arenosas utilizadas na pavimentação das ruas locais.

Nas regiões não impactadas, a resistência a penetração varia entre 13 e 16cm para 40kgf/cm<sup>2</sup>, e entre 16 e 19cm para 50kgf/cm<sup>2</sup>. Sobre as trilhas a penetração variou entre 4 e 8cm para 40kgf/cm<sup>2</sup> e entre 5 e 13 cm para 50kgf/cm<sup>2</sup>. A condutividade hidráulica, medida através do coeficiente de permeabilidade, apresentou valores significativamente menores sobre as trilhas. O estudo permitiu concluir que o tráfego de veículos provoca impactos em vários graus e de várias formas e, apesar do ambiente ser muito dinâmico (devido à ação de tempestades e marés), este efeito pode ser facilmente detectado.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa foi possível mostrar a existência de evidências físicas de modificações ambientais associadas ao trânsito de veículos sobre os sistemas de praias arenosas, sugerindo ainda que o procedimento adotado possa ser utilizado para caracterizar a existência de modificação física de parâmetros relacionados com a compactação da camada superficial em praias arenosas.

O CTB (1998) faz referência à circulação de veículos em praias, embora não exista legislação específica a respeito. No entanto, a areia não permite a sinalização plena nem oferece boas condições de aderência e os acidentes são frequentes, embora, em geral, não sejam registrados. Na tentativa de dar alguma segurança ao trânsito, são construídos canalizadores de fluxo veicular, a custo de grandes movimentações de areia, com equipamentos pesados, e provocando uma perturbação erosiva sem precedentes, aumentando ainda mais o impacto sobre este espaço natural.

O automóvel apresenta ainda, pelo menos potencialmente, um risco maior ao ambiente que o usuário recreacional não motorizado ao ambiente de praia. O livre acesso do automóvel à praia aumenta o risco de contaminação ambiental, devido aos vazamentos e emissões inerentes ao atual estágio tecnológico e ainda proporciona, pela sua capacidade de carga e privacidade de uso, um aumento da deposição de resíduos sólidos no ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barzone, C.A.; Tavares, Y.A.G.; Lorenzi, L. (2003). *Praias arenosas*. UFPR. Página disponível em <http://www.cem.ufpr.br /praias.htm> em 11/2003..
- Calliari, L.J, Tozzi, H.A.M.; Klein, A.H.F. (1998). *Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil, Rio Grande to Chuy, RS*. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 70 (2), 231-247.
- Calliari, L.J.; Klein, A.H.F. (1993). *Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chui, RS*. Pesquisas, 20, 48-56.
- CTB (1998). Código de Trânsito Brasileiro. Brasília
- Leatherman, S.P. (1988). *Barrier Island Handbook*. University of Maryland, College
- Priskin, J. (2003). *Physical impacts of four-wheel drive related tourism and recreation in a semi-arid, natural coastal environment*. Ocean & Coastal Management 46. pp127-155
- Tozzi, H.A.M.; Calliari, L.J, (2000). *Morfodinâmica da Praia do Cassino, RS*. Pesquisas em Geociências. 27 (1).24-33..
- Van der Merwe, D. (1988). The effects of off-road vehicles (ORV's) on coastal ecosystems – a review. Editor: Prof. I. C. Rust. South Africa.
- Vieira, H.; Novaes, A.G. (2001). *A avaliação da segurança do trânsito, a base de risco adotada e o counfounding*. Anais do XII Congressos Panamericanos de Ingeniería de Tráfico y Transportes. Quito.
- Vieira, H, Wütke, J. (2003). As condições de segurança e trafegabilidade da rodovia RS-734. Laudo Pericial solicitado pela Promotoria de Defesa Comunitária da Cidade do Rio Grande.

## Endereço dos autores

Grupo de Estudos de Transportes & ‡ Laboratório de Oceanografia Geológica  
Fundação Universidade Federal do Rio Grande  
Rua Carlos Gomes, 697/703 CEP: 96200460  
Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil  
e-mail: [hvieira@vetorial.net](mailto:hvieira@vetorial.net)



## Capítulo 14

### *Transporte Ferroviário*

