

**UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**AMANDA KAROLYNE TAVARES DO CARMO  
THIAGO GONÇALVES DAMASCENO**

**SISTEMA HCQ (MEDIÇÃO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO E ASFALTO)**

**PUBLICAÇÃO N°: XXXXXX**

**CERES / GO**

**2020**

**AMANDA KAROLYNE TAVARES DO CARMO  
THIAGO GONÇALVES DAMASCENO**

**SISTEMA HCQ (MEDIÇÃO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO E ASFALTO)**

**PUBLICAÇÃO Nº: XXXXX**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: Es. LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO**

**CERES / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

CARMO, AMANDA KAROLYNE TAVARES DO; DAMASCENO, THIAGO GONÇALVES.

Sistema HCQ (medição de compactação de solo e asfalto) [Goiás] 2020, 19P. TCC - Unievangélica  
Curso de Engenharia Civil.

1. Compactação

I. ENC/UNI

2. Solo

II. Título (Série)

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA (exemplo)

CARMO, A. K. T.; DAMASCENO, T. G. Sistema HCQ (medição de compactação de solo e asfalto). TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Ceres, GO, 19p. 2020.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Amanda Karolyne Tavares Do Carmo, Thiago Gonçalves Damasceno.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Sistema HCQ (Medição de compactação de solo e asfalto).

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Amanda Karolyne Tavares Do Carmo  
Rua da Matriz, nº 135 Setor Centro  
76372-000 – Pilar de Goiás/GO - Brasil

---

Thiago Gonçalves Damasceno  
Rua Soares Batista, nº 668 Setor Papuã  
76372-000 – Pilar de Goiás/GO - Brasil

**AMANDA KAROLYNE TAVARES DO CARMO  
THIAGO GONÇALVES DAMASCENO**

**SISTEMA HCQ (MEDIÇÃO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO E ASFALTO)**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, Especialista (UniEVANGÉLICA – Campus Ceres)  
(ORIENTADOR)**

---

**RODRIGO NASCIMENTO PORTILHO DE FARIA, Mestre (UniEVANGÉLICA – Campus Ceres) (EXAMINADOR INTERNO)**

---

**JANAINE MONICA DE OLIVEIRA SOUSA, Mestra (UniEVANGÉLICA – Campus Ceres) (EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: CERES/GO, 15 de junho 2020.**

## SISTEMA HCQ (MEDIÇÃO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO E ASFALTO)

Amanda Karolyne Tavares do Carmo<sup>1</sup>

Thiago Gonçalves Damasceno<sup>2</sup>

Luiz Tomaz de Aquino Neto<sup>3</sup>

### RESUMO

O presente trabalho, de caráter teórico, tem por objetivo geral enfatizar a Compactação do Solo, ou seja, reduzir os vazios deixando o solo mais denso é um processo decorrente da manipulação intensiva, quando o solo perde sua porosidade, sendo, portanto, a redução do volume do solo com a expulsão de ar e que ocorre devido aos processos antrópicos. O Adensamento do solo refere-se à redução do volume do solo, resultante da expulsão de água e ocorre por processos pedogenéticos. A compactação do solo é um efeito desejado em construções, por exemplo, de rodovias, base de prédio entre outras obras, com a necessidade cada vez mais de aumentar a produtividade e diminuir o custo, o mercado vem se inovando com novas tecnologia, uma delas é o sistema HCQ, em que está interligado com os rolos compactadores, que por sua vez, faz-se uma medição da compactação do solo online, sem a necessidade de ensaios no campo.

**Palavras-chave:** Compactação. Rolos compactadores. Tecnologia.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: amandaaktc@hotmail.com

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: thiagodamasceno.eng.civil@gmail.com

<sup>3</sup> Especialista, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: engenheiroluiz@hotmail.com

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.</b> .....	<b>6</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.</b> .....	<b>7</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Patologias.</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Métodos de controle em campo.</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3 Controle contínuo da compactação.</b> .....	<b>9</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>14</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>14</b>

## 1 INTRODUÇÃO.

A evolução das tecnologias da informação vem promovendo diversas mudanças na sociedade em geral. Entre elas está a disponibilização de uma quantidade cada vez mais crescente de informações, resultado principalmente do aumento da capacidade de análise, processamento e armazenamento. Este fenômeno torna-se cada vez mais evidente e vem sendo observado por diversos estudiosos da área.

Desde muito tempo a uma necessidade de se trabalhar com solos, pois, em todas as obras de engenharia ele está envolvido, a compactação do solo é tema de vários estudos que visam avaliar seus efeitos no solo. Vários parâmetros são utilizados para avaliar a compactação do solo, como densidade do solo e resistência à penetração, mas esses parâmetros são dependentes do tipo e da umidade do solo; portanto, o estudo de parâmetros que comparam diferentes solos facilita o estudo sobre compactação do solo.

A compactação é o preenchimento dos espaços (vazios) de uma camada, através do adensamento do solo, com aumento de capacidade de suporte do mesmo. Se a compactação não for bem executada, todas as camadas construídas acima podem ser comprometidas com futuras patologia (GEWEHR, 2016).

Os rolos compactadores vibratórios são os equipamentos que executam este trabalho. O sistema vibratório é acionado através do giro em alta velocidade de um peso excêntrico, localizado no eixo central do cilindro, cuja rotação faz com que o cilindro execute movimentos de subida e descida com impacto no solo. A altura que o cilindro atinge desde o solo é denominada Amplitude de Vibração, medido em milímetros. A quantidade de impactos por segundo com que o cilindro golpeia o solo é chamado de Frequência de Vibração, medido em Hertz (TERRAPLANAGEM, 2017).

Tendo em vista o estado degradado de muitas infra-estruturas rodoviárias no país, associado com a situação econômica atual, que impossibilita novos projetos no âmbito rodoviário, a manutenção e a reabilitação das vias existentes assumem um papel de muito custo para o governo (SANTOS; PEREIRA; BRANCO, 2006).

Por consequência os sistemas de gestão rodoviária e em particular os da gestão da conservação de pavimentos, apoiam-se no conhecimento da qualidade dos pavimentos em serviço, de modo a efetuar uma comparação entre os diferentes trechos da rede, candidatos às ações de conservação (SANTOS; PEREIRA; BRANCO, 2006).

Deste modo, torna-se mais importante os estudos na fase de construção das rodovias, com ênfase na análise do solo que será compactado e após a compactação, assim justifica-se o presente estudo a fim de proporcionar uma reflexão quanto à forma de análise em campo da compactação de solos e seus impactos sociais e econômicos, gerando uma alternativa sustentável e eficaz com a utilização da tecnologia HCQ (Qualidade de Compactação Hamm), com a finalidade de complementar as análises atuais.

Com base no exposto anteriormente, o objetivo deste trabalho é demonstrar um sistema de análise, processamento e armazenamento de dados referente a compactação no solo e apontar, com base em pesquisas, os problemas e danos causados pela deficiência na compactação.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS.**

Por tratar-se de um trabalho de caráter teórico, reuniram-se informações bibliográficas pautadas em projetos e sistemas de pavimentação asfáltica, coleta de dados de artigo sobre compactação de solos e patologias, revistas sobre compactação de solos e sua influência sobre os parâmetros geotécnicos de interesse à pavimentação, um estudo sobre as principais vantagens da utilização de novas tecnologias nesta área.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.**

O Brasil tem a quarta maior rede de estradas e rodovias do mundo, em quase 1,8 milhões de quilômetros de extensão. A frota de caminhões e ônibus é estimada em cerca de 40 milhões de veículos. Os transportes correspondem ao conjunto de materiais e instrumentos técnicos utilizados no deslocamento de pessoas e cargas de um lugar para o outro. No contexto do desenvolvimento dos países e das sociedades, os meios de transporte são uns dos principais elementos para garantir a infraestrutura, ou seja, o suporte material para que tal crescimento instrumentalize-se.

### **3.1 Patologias.**

De acordo com Maia (2014), quando um veículo se desloca em uma determinada velocidade, o pavimento rodoviário recebe a carga do veículo, gerando tensões superficiais, sendo elas: vertical (atuando de forma a comprimir as camadas constituintes); e horizontal (de natureza cisalhante, através da frenagem ou aceleração dos veículos).

Segundo Reis (2009) os defeitos que atingem o pavimento flexível estão diretamente ligados com a deterioração dos materiais que constituem. Isso ocorre devido à má execução, ação intensa de veículos e projetos na maioria das vezes inadequados. Evidentemente, os veículos mais pesados geram tensões superficiais maiores que os veículos leves, sendo este, um dos vários fatores que contribuem no surgimento de patológicas, os principais tipos de patologia no asfalto podem ser classificados, de forma geral, em trincamentos, fissuras, exsudação, desagregação, deformações, panelas e remendos (SILVA, 2018).

Um das principais causas de ruptura do pavimento é o trincamento por fadiga do revestimento, também chamado de “couro de jacaré”, que ocorre devido a tensões de tração. Existem ainda outros tipos de trincamento: longitudinal, transversal, em blocos, de bordo etc. Esse defeito pode ser progressivo das camadas de base do pavimento ou resultante de uma conserva ineficiente.

Exsudação é aparecimento do ligante betuminoso na superfície do pavimento, gerando manchas escuras e baixa resistência à derrapagem.

Desagregação é a perda progressiva de materiais do revestimento, com conseqüente exposição superficial dos agregados.

Deformações são tipo de patologia do asfalto compreende defeitos como afundamento de trilha de roda e corrugação, afundamento de trilha de roda é a depressão nas trilhas de roda causada geralmente por resistência insuficiente do pavimento para receber a passagem constante de cargas e a corrugação também chamada de “costela”, é a sucessão de diversas



saliências transversais, pode ser causada por rampas com tráfego de carga constante ou em locais de intensa frenagem e aceleração.

O remendo é a região do revestimento que foi removido para aplicação de outro material para correção ou eliminação de uma patologia. Apesar de corrigir um defeito, os remendos, caso mal executados, podem comprometer a qualidade do pavimento, e a região fica mais propensa a outras deteriorações (*DYNATEST*, 2017).

### **3.2 Métodos de controle em campo.**

Há vários métodos de controle das especificações do solo em campo. Eles incluem testes de densidade, testes de sustentação, testes de nivelamento e outros, todos os quais representam medições feitas no local, são eles: Método do frasco de areia, método do cilindro de cravação, método do densímetro nuclear, teste de carga estática em placa, teste de penetração, teste de queda de peso e nivelamento do assentamento da superfície.

Método do frasco de areia, um pequeno buraco é cavado no solo. O conteúdo escavado é pesado e o volume do buraco é determinado através de seu enchimento com areia seca calibrada.

Método do cilindro de cravação, no caso de solos de granulação fina, especialmente a argila, crava-se um cilindro no interior do material a fim de remover uma amostra para a realização de testes de densidade.

Método do densímetro nuclear, um medidor nuclear de densidade fornece uma indicação imediata da densidade da camada compactada, ele também mede o teor de água, seu funcionamento baseia-se no princípio de que a radiação de um isótopo radioativo, ao passar por um material, é atenuada em proporção à sua densidade, os melhores resultados são obtidos em solos homogêneos.

Teste de carga estática em placa, o teste de carga estática em placa é realizado na superfície do material compactado. Ao medir a deformação sob a placa (com uma área e carga definidas), é possível calcular o módulo de elasticidade do solo compactado, as propriedades de suporte de carga das camadas subjacentes influenciarão a medição. O nível de influência dependerá da espessura da camada compactada.

Teste de penetração, existem vários tipos de testes de penetração, os quais são uma tentativa de quantificar o comportamento de um solo. Um dos mais comuns é o teste Relação de Sustentação da Califórnia (California Bearing Ratio – CBR).

O teste CBR é arbitrário. Ele não procura medir diretamente nenhuma das propriedades fundamentais da amostra de solo. Basicamente, ele consiste em introduzir um cilindro padrão na amostra de solo, a uma taxa padrão de penetração medindo, em seguida, a resistência à penetração apresentada pelo solo, a resistência, então, é comparada com certos resultados padrões, a relação do resultado do solo com o resultado padrão é comunicada como a relação CBR, o teste California Bearing Ratio é utilizado principalmente em solos de granulação fina.

Teste de queda de peso, o teste de queda de peso é uma maneira eficaz e rápida de medir as propriedades de suporte de carga da superfície das camadas de construção no local. O teste

normalmente pode ser realizado por apenas um operador. O teste mede a deflexão da superfície causada pela queda de um peso e, depois, calcula um módulo dinâmico da elasticidade, são derrubados tanto pesos leves quanto pesados.

Nivelamento do assentamento da superfície, este método é utilizado principalmente em enrocamentos, seixos e matacões. O nível de vários pontos de referência é verificado através de um instrumento de nivelamento, antes e depois da compactação. Ele não fornece uma medição direta da densidade (*DYNAPAC, Fayat Group*).

### 3.3 Controle contínuo da compactação.

Com a globalização fez aumentar a necessidade de novas tecnologias na área da compactação de solos e asfalto, tendo a necessidade de aumentar a eficiência, a qualidade dos serviços e reduzir o tempo necessário para a realização da obra, entre as várias inovações tecnológicas nessa área, destaca-se o sistema HCQ.

HCQ significa "Qualidade de Compactação Hamm". A empresa Hamm Compaction Quality usa este termo para agregar uma ampla gama de produtos para o planejamento, medição, controle, documentação e análise de processos de compactação. Todo o sistema é modular e os produtos individuais são idealmente combinados, esses produtos da linha HCQ são divididos em três equipamentos (Tabela 1), (*GEWEHR, 2013*).

**Tabela 1:** Equipamentos da linha HCQ.

HCM	HTM	HCQ <i>Navigator</i>
Medidor de Compactação HAMM	Medidor de temperatura HAMM	Receptores DGNS

**Fonte:** HAMM (2014)

HCM, que significa (Medidor de Compactação HAMM), um medidor de compactação montado no rolo consiste em um acelerômetro instalado no cilindro vibratório como demonstrado na figura 1, as leituras do acelerômetro são enviadas ao processador e, então, apresentadas ao operador, no painel de controle do rolo, os sinais do acelerômetro são convertidos em valores que indicam uma medição da dureza do solo, o sistema registra as condições em determinadas profundidades, a profundidade efetiva depende do tamanho do rolo e da amplitude selecionada.

Um computador documenta e apresenta os valores mensurados em uma tela, que pode ser colocada próxima ao operador do rolo. O sistema de documentação possibilita que toda a área que foi compactada pelo rolo seja apresentada na tela. O emprego de cores e outros recursos gráficos deixa imediatamente aparente quais áreas requerem uma compactação adicional. (*WIRTGEN, Group*).

**Figura 1:** Local do sensor de compactação.



**Fonte:** HAMM (2014)

O valor do HVM (Valor de medição em HAMM), fornece informações sobre a compactação obtida. Com a ajuda desta informação, o motorista reconhece se o terreno deve ser ainda mais comprimido. Isso minimiza o número de cruzamentos e evita a compressão excessiva.

Medidor de temperatura HAMM (HTM) (figura 2), durante a compactação do asfalto, a temperatura do asfalto desempenha um papel decisivo. O módulo HTM, mostra ao operador qual a temperatura atual do asfalto. Com base nessas informações, ele pode decidir se e como o asfalto pode ser compactado, danos como "empurrar", que é causado devido à compactação do asfalto em temperaturas muito altas ou a destruição da matriz de asfalto devido à compactação de vibração a temperaturas muito baixas podem ser evitados (*WIRTGEN, Group*).

**Figura 2:** Rolo compressor com sensor de temperatura.



**Fonte:** HAMM (2014)

HCQ *Navigator*, durante a compactação em tempo real, o HCQ *Navigator* gera um "mapa de compactação" da área a ser compactada, onde é imediatamente possível ver onde ocorreu a compactação suficiente e onde ainda há necessidade de compactação. Como resultado, os motoristas de rolos sabem a condição de toda a superfície a ser compactada e podem compactar de forma muito eficiente e homogênea.

Este aparelho utiliza os receptores DGNSS para determinar a posição de cada rolo (figura 3). Ao mesmo tempo, vários dados do processo de compactação são medidos. Ele combina os valores medidos com os dados de posição e gera o "mapa de compactação" da área a ser compactada em tempo real (figura 4), se vários rolos trabalham juntos, a rede das máquinas via WLAN é possível. Os motoristas então veem no monitor de seus PCs de painel na cabine, onde o conjunto de roletes já foi comprimido e até que ponto.

Além disso, todos os dados são gravados pelo Painel PC e estão disponíveis para posterior análise e documentação (*WIRTGEN, Group*).

**Figura 3:** Receptores DGNSS para determinar a posição de cada rolo.



**Fonte:** Qualidade de compactação HAMM.

**Figura 4:** painel de controle.



**Fonte:** HAMM (2014)

De acordo com Adam Nichol, consultor de operações da Superfície Norte da Fulton Hogan, fala que projetado pela equipe de pesquisa e desenvolvimento líder mundial da Hamm, o HCQ é um sistema modular para medir, avaliar e documentar o processo de compactação em tempo real e oferecer ao pessoal de trânsito a capacidade de analisar resultados. Do ponto de vista da qualidade, o HCQ significa que nossa equipe está trabalhando de maneira mais eficiente e com maior entendimento.

Em vez de passar por cima de uma área especificada de asfalto 10 vezes, talvez precisemos passar por cima metade disso quantas vezes. Com o sistema de compactação nos rolos, podemos mapear com confiança os movimentos de compactação e, em seguida, dizer com sim, 'sim', passamos por aquele trecho de pavimento tantas vezes.

Isso é ótimo do ponto de vista da qualidade, pois podemos validar com precisão nossos objetivos de Garantia da Qualidade. Mas há outros benefícios aqui; como temos uma medida precisa de quantas passagens precisamos fazer, não desperdiçamos combustível ou operamos as máquinas por mais tempo do que o necessário e potencialmente causando interrupções ao público, Esses são benefícios reais e tangíveis que o sistema de Hamm nos oferece, diz ele, (*CONTRACTOR*, 2015).

O gerente geral da *Wirtgen* Nova Zelândia, Richard Seay, acredita que a principal vantagem do sistema HCQ é a evidência empírica de dados que a tecnologia coleta. O conjunto de recursos desenvolvidos pela Hamm é um pouco exclusivo quando comparado com outros sistemas disponíveis, segundo ele o sistema HCQ já está funcionando para clientes em outros grandes projetos de estradas na Nova Zelândia, com bons resultados (*WIRTGEN, Group*).

O sistema HCQ garante a compactação ideal em toda a superfície e elimina o risco de sub ou super compactação, indicando o número de passes de máquina que o operador fez, juntamente com o tipo de compactação / vibração atingido através de um sistema codificado por cores claro e intuitivo no painel de display.

Usando a orientação codificada por cores, o HCQ mostra em tempo real ao operador quais áreas da superfície compactada já atingiram a capacidade de suporte de carga desejada e onde serão necessários passes adicionais. Em essência, o operador possui um “mapa de compactação”, fornecendo feedback completo sobre o desempenho da compactação.

Sobre o HTM (Medidor de temperatura HAMM) Adam diz que as leituras de temperatura, obtidas dos sensores infravermelhos nos dois tambores, são importantes devido à relação entre a temperatura da mistura e o esforço de compactação necessário para otimizar a densidade (*CONTRACTOR*, 2015).

Os dados de todo o processo de compactação podem ser baixados em um pendrive USB da unidade HCQ na cabine e verificados em um laptop no local de trabalho, analisados na sede em data posterior ou arquivados projeto por projeto (*WIRTGEN, Group*).

Adam acredita que os dados do processo de compactação coletados com o HCQ podem se tornar parte do processo de licitação, onde a qualidade é essencial, mas previsões precisas sobre horas de trabalho e mão de obra e requisitos de material ajudam a estabelecer os resultados finais, ele afirma que ferramentas como essa são fantásticas porque nos dão certeza do que estamos fazendo (*CONTRACTOR*, 2015).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área da construção civil vem cada vez mais se modernizando para não ficar para trás diante as demais áreas do mercado e da indústria, e a tecnologia com o sistema HCQ está sendo muito importante nessa fase de transformação e melhorias, desta forma, pode-se concluir a sua eficácia, melhora no desempenho da compactação, na redução de custos e tempo das obras.

## REFERÊNCIAS

**CONTRACTOR. Lançamento da tecnologia Hamm Compaction Quality na Nova Zelândia.** 29 de setembro de 2015. Disponível em: <<https://contractormag.co.nz/contractor/hamm/>>. Acesso em 16 de março de 2020.

**DYNAPAC, Fayat Group. Manual da compactação, pavimentação e fresagem.** Disponível em: <<http://dynapac.blog/manual-de-compactacao-pavimentacao-e-fresagem>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

**DYNATEST. Tipos de patologia do asfalto em rodovias.** 22 de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://dynatest.com.br/tipos-de-patologia-do-asfalto-em-rodovias>>. Acesso em 10 de junho de 2020.

**GEWEHR, Juliano. Tecnologia de compactação: Engenharia de Aplicação, Wirtgen Group, MEDIÇÃO DE COMPACTAÇÃO. SICEPOT-MG 04 set. 2016.** disponível em: <[http://www.sicpotmg.com.br/Apresentacoes/03\\_Tecnologia\\_de.compactacao\\_de\\_solos\\_parte\\_2.pdf](http://www.sicpotmg.com.br/Apresentacoes/03_Tecnologia_de.compactacao_de_solos_parte_2.pdf)>. Acesso em 25 agosto. 2019.

**GEWEHR, Juliano. Asfalto de Qualidade.** Tecnologias, equipamentos, técnicas e boas práticas de Pavimentação. Informações sobre construção, manutenção e recuperação de rodovias. 23 mai. 2013. disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2013/05/compactacao-de-solos-e-base.html>>. Acesso em 14 setembro. 2019.

**SANTOS, P.; PEREIRA, P.; BRANCO, F. Pavimentos Rodoviários.** Almedina, Coimbra, 388p., 2006.

**SILVA, Fabiano de Almeida. Et al. Patologia: Estradas e Pavimentação.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 12, Vol. 02, pp. 108-119 novembro de 2018. ISSN:2448-0959.

**TERRAPLANAGEM, Mp. Asfalto de qualidade.** Compactação de Solos e Base. Agosto de 2017. Disponível em: <<https://mpterraplanagem.com.br/asfalto-de-qualidade/>>. Acesso em 29 de fevereiro de 2020.

**WIRTGEN, Group. Qualidade de compactação HAMM. Hamm Compaction Quality.** disponível em: <<https://www.hamm.eu/de/technologien/hcq/>>. Acesso em 18 novembro. 2019.