

ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS EM CAMPANHA

Por WALTER C. CAREY, Tenente-Coronel do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano.
Adaptação da revista "The Military Engineer" pelo Tenente-Coronel PAULO MAC CORD.

A técnica do tratamento dos solos em campanha, a cargo da Engenharia Militar, abrange um conjunto de regras práticas destinadas a permitir, de maneira rápida e eficiente, o estabelecimento de estradas, pistas, barragens, fortificações e outros trabalhos que impliquem maior ou menor movimento de terras. Estudo bem orientado do assunto tornará possível atingir facilmente êsse objetivo, mediante o aproveitamento, no próprio local, dos materiais existentes, daí resultando grande economia nos transportes, na maquinária e na mão de obra.

O tratamento do solo começa no momento da excavação e estende-se até ser conseguida à compactação final dos materiais empregados na estrutura a ser utilizada. Subentende uma diretriz que assegure, em todas as fases da construção, a existência de conveniente grau de umidade, dentro de limites prefixados, afim de evitar o retardamento na conclusão dos trabalhos. Conseguir-se-á, assim, o controle final dos estados extremos a que chegam os materiais dos solos sob a influência da água: poeira e lama. E bem sabemos que a lama muito tem concorrido para a decisão das batalhas...

Não é demasiado salientar que a técnica do tratamento dos solos, tal como aqui a explanamos, é erigida em moldes inteiramente práticos e não demanda interferência direta da mecânica dos solos, que tanto assusta aos que com ela nunca privaram. Sendo relativamente simples e fáceis os estudos e exames que presentemente os solos exigem, sob o ponto de vista

das obras militares, torna-se compreensível que possam ser conduzidos sem maior precisão científica além da mera aplicação dos conhecimentos empíricos adquiridos e do emprêgo racional dos equipamentos de excavação, transporte, nivelamento e compressão.

Ao invés de se aprofundar na leitura das obras de Terzaghi, um dos pioneiros do estudo da mecânica dos solos, é mais proveitoso para o engenheiro militar encarregado de assegurar o tráfego por uma estrada de chapa de terra compreender-se de que cumprirá muito mais rapidamente a sua missão se dispuser de operários experimentados no serviço e de uma niveladora auto patrol com os tanques cheios de gasolina.

De não menor relevância é o engenheiro militar pôr-se a par dos aperfeiçoamentos verdadeiramente revolucionários introduzidos no equipamento de terraplenagem e nos métodos de trabalho durante os últimos dez anos. As modernas máquinas de excavação e elevação, evoluindo paralelamente com as de compressão (rolo pé de carneiro e compressor de rodas com pneumáticos), ao mesmo tempo em que novos métodos de controle e verificação estão sendo postos em prática por Proctor e outros, proporcionam, em conjunto, ao engenheiro cousa que ele nunca possuiu: o meio de construir obras de terra tão compactas e firmes logo após a execução quanto só o seriam, anteriormente, após anos de utilização e consolidação. Quando empregados segura e resolutamente, tais aperfeiçoamentos dão ao engenheiro militar a faculdade de influir decisivamente no curso de uma batalha ou mesmo de uma campanha. A grande dificuldade, para os próprios oficiais de engenharia, é perceberem a importância que alguns rôlos pé de carneiro possam ter na preparação das áreas avançadas para o movimento de veículos motorizados e aviões de combate, e, em seguida, convencerem o alto comando a deixar à retaguarda alguns tanques ou outras viaturas, em troca da possibilidade de fazer avançar aqueles engenhos compressores, para imediata entrada em ação, em lugar das anacrônicas tropas de Engenharia dotadas de pás e picaretas.

MODOS DE UTILIZAR O SOLO

Depois da exposição acima feita, a respeito da maneira de interpretar a engenharia dos solos em campanha, é oportuno examinar os diversos modos de utilizar o terreno de acordo com as necessidades militares. Em duas grandes chaves podem ser enquadrados tais trabalhos: primeiramente, a movimentação de massas razoáveis de terra para a construção de aérodromos, rodovias pesadas, ferrovias, fortificações, etc.; em segundo lugar, a simples preparação superficial de áreas relativamente extensas e mais ou menos planas, destinadas a campos de pouco e estradas diversas, para utilização imediata. No segundo caso, pode haver a previsão de um aperfeiçoamento progressivo, mediante a constituição de uma base ou plataforma em condições de receber posteriormente um revestimento impermeável e resistente.

Nos primeiros trabalhos, o engenheiro militar tem necessidade de abrir cortes, lançar aterros de certa envergadura, conduzindo as operações de molde a atingir os resultados que deseja em condições satisfatórias de rapidez, segurança e economia. Materiais de boa qualidade, como rochas excaváveis, cascalhos arenosos especiais, etc., dispensam qualquer consideração, visto ser difícil malbaratar a sua manipulação a ponto de se chegar precariamente ao objetivo colimado. Os demais terrenos, não somente as argilas arenosas convenientemente dosadas, os cascalhos argilo-arenosos, etc., como também os solos fortemente argilosos, condenados em absoluto por sua imprestabilidade, produzirão os melhores resultados se alguns pontos fundamentais forem observados.

O maior impecilho está na umidade, em intensidade variável. O bom tempo deve ser ininterruptamente aproveitado para o empreendimento das operações de excavação, transporte, compressão e revestimento, afim de evitar os inconvenientes causados pelo encharcamento do terreno. O estado de umidade do solo firme no seu fáceis natural geralmente favorece a execução dos trabalhos. Ao ser procedida a excavação, as caixas

de empréstimo devem ser drenadas por gravidade, sempre que possível, ou por meio de bombas, quando necessário. O material escavado deve, em estado seco, ser imediatamente transportado para o local do atérro, que será realizado em camadas sucessivas fortemente comprimidas. Estabelecer-se-á como regra não deixar materiais desagregados em abandono sobre o leito da rodovia ou pista, nem trechos desnivelados, sulcos quaisquer ou profundas camadas de atérro sem compressão. Assegure-se em todas as fases máxima precaução relativamente ao escoamento rápido das águas, impedindo-as de se estagnarem nas depressões e embeberem o solo. Tudo deve ficar subordinado a êsses princípios elementares. Cada homem precisa ser doutrinado no sentido de assimilar a filosofia básica dêste conceito de trabalhos de terraplenagem, que é simples ao extremo e dispensa o auxílio do laboratório. Sua prática persistente ajudará a ganhar batalhas. Nenhum conhecimento especial exige, apenas execução manual ou mecânica. Cumpre que seja como a própria religião: sempre presente ao espírito, sempre praticada com fervor.

Nos trabalhos de raspagem do solo, para preparação, de plataformas trafegáveis para utilização imediata, a camada do terreno deve apresentar certa dose de uma propriedade muito bem definida pela palavra "estabilidade" e que é função primordial do grau de umidade a que está submetido o solo.

Dentro de certos limites de variação dessa umidade, qualquer solo possui estabilidade capaz de permitir-lhe suportar regime mais ou menos intenso de tráfego direto. Também a compactação influe na estabilidade, devendo por isso ser levada ao máximo, e como depende, por sua vez, da umidade, é axiomático reafirmar que a estabilidade igualmente seja função desta. Em conclusão, o controle da umidade constitue a chave da estabilidade do solo.

No caso das estradas de chapa de terra, não revestidas, há uma ação de secagem superficial continuamente processada, a qual, além de atuar sobre a água absorvida, tende também a atrair a umidade capilar do subsolo e a fazê-la evaporar-se.

Se leitos do mesmo material forem recobertos com pavimentação impermeável, o solo comportará o máximo de umidade compatível com o seu grau de compressão e outros fatores intervenientes e encontrar-se-á na iminência de rutura do seu estado de equilíbrio, por influência de acréscimo de umidade que consiga penetrar por alguma fenda existente na pavimentação.

Releva observar que a construção de uma estrada de terra natural para tráfego imediato deve ser considerada como uma fase de trabalho progressivo a ser realizado e que abrangerá, no seu final, o revestimento ou a pavimentação, logo que assim o permitam os recursos em material e mão de obra ou quando o aumento do tráfego o exigir.

Assim, muito trabalho executado pelo engenheiro militar na zona de frente será melhorado quando as áreas interessadas ficarem à retaguarda, após os deslocamentos dos exércitos.

Feitas essas considerações, abordemos, a seguir, o tema principal do presente artigo.

PROCESSOS FUNDAMENTAIS DE ESTABILIZAÇÃO DO SOLO

Quatro são os processos fundamentais de obter estradas ou pistas cujo leito apresentam certo grau de estabilização. Muitas vezes, mais de um de tais processos conduzem, de maneira idêntica, ao objetivo desejado.

1) *Estabilização natural.* E' produzida por causas naturais, imanentes ao leito a utilizar, dentro de certos limites de tempo, impostos pelas condições de umidade, e que variam de alguns dias a um ano inteiro, na gama qualitativa dos solos e das condições ambientes.

2) *Estabilização mecânica.* E' a produzida pelo emprêgo de maquinária especial, como a niveladora auto patrol, destinada a manter o solo em tais condições de coesão, alisamento e abaulamento que as águas da chuva se escoem para fora do leito, evitando infiltrar-se.

3) *Estabilização pela seleção do material.* É a que se obtém constituindo o leito da estrada com materiais dotados de estabilidade própria. Os elementos necessários podem ser encontrados no local, ou transportados de outro ponto, total ou parcialmente.

4) *Estabilização por adicionamento de agente especial.* Decorre da incorporação ao material do leito da estrada ou pista de certa porção de um agente estabilizante artificial capaz de fixar a umidade ou de mantê-la entre certos valores limites, independentemente das condições do estado da atmosfera.

Estudemos agora mais minuciosamente os quatro processos fundamentais de estabilização ligeiramente descritos.

ESTABILIZAÇÃO NATURAL

O engenheiro precisa estar alerta para reconhecer as possibilidades nesse sentido. Mesmo quando sua duração seja curta, os benéficos resultados podem ser decisivos. Stalin, por exemplo, soube aproveitar-se do congelamento dos rios para empreender a sua ofensiva de inverno contra a Alemanha. Certas praias prestam-se perfeitamente à circulação de veículos motorizados em alta velocidade. Solos argilosos, em pântanos marginais a rios de aluvião, secam e ficam estáveis durante o verão e começo do outono, tornando-se capazes de suportar tráfego intenso de cargas pesadas. Argilas arenosas convenientemente dosadas e cascalhos argilo-arenosos proporcionam tráfego satisfatório durante quase todo o ano, salvo em seguida a períodos muito prolongados de seca ou chuva, em consequência da poeira ou da lama que então surge.

ESTABILIZAÇÃO MECÂNICA

O emprêgo de equipamento apropriado, como a niveladora auto patrol, é um dos principais meios de que dispõe o engenheiro militar para empreender a estabilização dos leitos

de estradas de terra, pistas de campos de pouso, etc., na zona de frente, enquanto aguarda outros recursos superiores em quantidade e qualidade referentes a mão de obra, maquinária e materiais diversos, para realizar o aperfeiçoamento progressivo dos trabalhos. E' admitido, de modo geral, que a estabilização, em todos os seus aspectos, não passa de um controle permanente da umidade, visto que a maioria dos solos, dentro de certos limites de variação do seu teor de umidade, assumem a possibilidade de suportar cargas razoáveis sob tráfego direto. Contudo, tais solos tendem a perder umidade em tempo seco e degenerar-se em poeira, ou a ganhar umidade em tempo chuvoso, transformando-se em lama. Ambas as tendências podem ser sensivelmente reduzidas e o período de eficiência das estradas consideravelmente ampliado, mediante o emprego continuado do equipamento destinado a manter o leito das mesmas em condições satisfatórias de nivelamento, compactação e drenagem, livre de depressões coletoras d'água e suficientemente abaulado, de modo a permitir o rápido escoamento das águas. O tráfego moderado de veículos com rodas, dotadas de pneumáticos facilita grandemente a conservação.

Com êsse regime, grande movimento de veículos pode ser realizado pelas estradas de terra natural, através dos períodos de chuvas abundantes. Assim também o será, com mais forte razão, se as chuvas tiverem pequena duração, mesmo que se apresentem com relativa violência. As chuvas violentas exigem cuidados especiais no que diz respeito à erosão dos solos que, quando comprimidos à máxima densidade, apresentam notável resistência à mesma.

No caso de chuvas leves durante períodos longos, deve ser removida a terra saturada temporariamente, deixando a descoberto o material firme, em estado seco. A terra molhada será novamente lançada sobre o leito logo após cessar a chuva e comprimida pelo próprio tráfego ou outro meio.

A principal máquina para a conservação das estradas é a niveladora auto-patrol, que executa sua missão com uma velocidade de 25 quilômetros por hora, o que torna possível a uma

só máquina atender facilmente a grande extensão de estradas e caminhos. É de fácil e variado manejo, podendo desempenhar todas as tarefas relacionadas com o deslocamento de pequenas quantidades de terra a pequenas distâncias com o objetivo de bem preparar o leito das estradas: limpeza de valetas, regularização da beira dos atêrrhos, acerto do abaulamento, etc. Além de tais funções, peculiares à conservação, essa máquina ocupa lugar importante em todas as operações de terraplenagem realizadas durante a construção.

Tal método de conservação, por processo mecânico, de estradas sem revestimento é também igualmente aplicável a estradas em construção, pois não sómente auxiliará o andamento da própria construção como eliminará defeitos que poderiam conduzir a posterior insucesso. Não há razão de ser para o princípio adotado por certos empreiteiros de que os trabalhos de construção de uma estrada possam ser empreendidos sem a preocupação simultânea do dessecamento do leito, que ficará encharcado em consequência da protelação dessa medida para os últimos instantes. Pelo contrário, há evidência bastante de que tal descuido na construção dá lugar a faltas incipientes que evoluem para fracasso completo durante a utilização. Mais ainda, há outra razão forte a favor da adequada conservação dos trechos construídos: é que, em regra, são tais trechos aproveitados pelo próprio serviço da construção e os veículos no mesmo empregados só poderão viajar devidamente carregados e nas velocidades próprias se o leito da estrada estiver firme e regularizado. Do contrário, cairemos no quadro desolador que apresenta um lamaçal aparentemente sem fundo, os caminhões com metade da carga engrenados em baixas velocidades, consumindo combustível desmedidamente e elevando ao máximo o desgaste próprio. Tudo isto é, naturalmente de grande interesse para o engenheiro militar, que precisa fazer grandes causas com parcos elementos.

Parece, à primeira vista, não apresentar grande importância a conservação das estradas de terra natural, mas deve-se ter em mente que, em comparação com as que não forem objeto de tais cuidados, apresentarão possibilidades muito maiores, tanto

no tempo de duração como na capacidade do tráfego. Mesmo no caso de se degradarem, poderão ser reconstituídas em muito menor tempo, com influência decisiva, talvez, no desfecho de uma operação particular ou mesmo de uma campanha.

ESTABILIZAÇÃO PELA SELEÇÃO DO MATERIAL

A utilização de materiais escolhidos ou a associação de materiais diversos, com o propósito de obter plataformas de alta estabilidade mecânica, capaz de enfrentar grandes variações climatéricas e intenso tráfego de veículos, é um dos meios de estabilização de que pode frequentemente lançar mão o engenheiro militar para construir estradas e campos de pouso em condições satisfatórias, até que novas exigências apareçam ou possam ser objeto de consideração. O essencial nesse trabalho é o reconhecimento hábil e inteligente do terreno, sem desprezar (como sucede às vezes) as camadas profundas do mesmo, de melhor qualidade do que as superficiais. Inevitavelmente, esse processo constituirá, na maioria dos casos, um passo apenas na construção "progressiva", que levantará mais tarde o nível de capacidade do tráfego, com o recurso da estabilização artificial, da pavimentação ou do emprêgo de redes e trilhas metálicas. A estabilização pela seleção do material requer conservação continuada por niveladora auto patrol, para atingir seu mais alto grau de perfeição.

ESTABILIZAÇÃO POR ADICIONAMENTO DE AGENTE ESPECIAL

A estabilização produzida pela incorporação ao solo, ou à mescla de materiais do solo, de um agente estabilizante artificial, proporciona ao engenheiro militar campo para grandes realizações.

Entretanto, cumpre, por economia e rapidez, fugir à errônea tendência de se supor que um terreno qualquer deva ser estabilizado por esse processo. Na maioria dos casos, é possível

a estabilização pela seleção do material, quando o solo já não é naturalmente estável. Muito frequentemente, a questão se resume em transportar materiais escolhidos a alguns metros de distância e a misturá-los com o do leito da estrada em construção. O reconhecimento consciente e adequado, executado por quem possua discernimento e experiência de terrenos, é condição inicial, a ser cuidadosamente considerada. Ao invés de se delegar a subordinados essa função, que é a pedra de toque da engenharia dos solos, os melhores homens devem ser incumbidos do seu desempenho. Os seguintes exemplos servem para abonar esta afirmação:

1) Certo aeródromo da RAF em terreno de macega necessitava ser estabilizado com petróleo. Depois de iniciado o trabalho, terreno muito melhor foi encontrado, a um metro de profundidade. O emprêgo desse segundo material de superior qualidade facilitou grandemente a realização de um excelente serviço.

2) Um aeródromo americano em terreno semelhante ao anterior foi objeto de exame para fins de estabilização. As provas realizadas não se mostraram satisfatórias, quer com cimento Portland, quer com petróleo. Aqui, ainda, uma associação de materiais praticamente perfeita foi encontrada no subsolo e finalmente empregada com extraordinário êxito.

3) Um aeródromo americano deveria ter suas pistas estabilizadas por meio de cimento Portland, de acordo com estudos realizados, aliás incompletamente. O trabalho foi iniciado, apesar dos resultados pouco promissores de novos estudos, mas o solo portou-se tão mal que foi necessário empregar 14 % de cimento. Mesmo assim, nada se obteve de satisfatório, não obstante a precaução de aumentar a espessura da camada estabilizada para 15 centímetros. Entretanto, havia a cerca de 3 quilômetros boa mina de saibro, cujo aproveitamento teria praticamente poupado o revolvimento do leito das pistas e reduzido de 50 % o consumo de cimento, com resultado final perfeitamente aceitável.

E' evidente, dêste modo, que a estabilização do solo, na maioria dos casos, implica na seleção cuidadosa e controle rigoroso dos materiais que o constituem.

No processo ora estudado, fator importante que tem escapado à percepção geral é a necessidade de distribuir uniformemente todo o agente estabilizante, não sómente pela perfeita realização da mistura (inteiramente controlada no local), como pela finura da granulação do agente. Os conhecimentos práticos e certos estudos referentes ao emprêgo do asfalto, alcatrões e resinas indicam que sua distribuição uniforme e completa podem reduzir de mais de 50 % a quantidade necessária do estabilizante.

Quando há tempo suficiente para os estudos adequados e para decidir qual o agente estabilizante que melhor diz com as condições climatéricas dominantes e com as limitações de manufatura e transporte, as propriedades dos diversos agentes abaixo examinados poderão servir para determinar, então, qual o estabilizante conveniente.

Cloreto de cálcio. Largamente empregado para estabilizar misturas cascalhiferas, nas quais, além de assegurar a existência de baixo teor de umidade, por sua ação higroscópica, facilita, também, a compactação inicial em densidades muito maiores que as usuais, aumentando, assim, a estabilidade e reduzindo ao mínimo a absorção de umidade. A quantidade exigida é pequena, em comparação com muitos outros estabilizantes, e de simples manejo, não exigindo rigorosa sincronização das diferentes fases do seu emprêgo, como sucede, em geral, aos demais. Com ótimos resultados é espargido sob forma de solução sobre as chapas de rodagem, auxiliando o assentamento da poeira e impedindo a saturação do solo, principalmente quando há conserva bem realizada por auto patrol.

Asfalto refinado. Agente estabilizante de grande poder, particularmente empregado com areias mais ou menos puras, cascalhos arenosos, etc. E' de emprêgo difícil em presença de umidade e frio, necessitando longa aeração para eliminar a umidade absorvida. Novos métodos, muito desenvolvidos nos

Estados Unidos e na Inglaterra, tendem a diminuir algumas das dificuldades encontradas nas tentativas de utilizar areias molhadas. Todavia, mesmo êsses métodos não parecem muito aconselháveis nas rotineiras condições de emergência das zonas da frente.

Asfalto emulsionado. — Muito eficiente, apropriado aos mesmos materiais tratados pelo asfalto refinado, até certo ponto, mas de preferência destinado aos casos em que proporções razoáveis de material de fina granulação (transvasado na peneira n. 200) encontram-se perfeitamente misturadas com o cascalho. A exigência de ser dosado com água constitue uma desvantagem em relação à possibilidade de emprêgo em campanha, onde a água é o elemento mais temido pelo engenheiro. Além disso, devendo ser submetido a dessecamento por operações tediosas e demoradas de aeração, torna-se difícil admitir a sua aceitação sob o ponto de vista militar, onde o tempo é fator essencial. Entretanto a possibilidade do seu preparo e armazenamento em determinados locais escolhidos previamente reduzem de muito tais objeções.

O cimento Portland é outro importante agente estabilizante. Contudo, militam as seguintes restrições contra o seu emprêgo em campanha: 1) Necessidade de controle exato da umidade na ocasião da mistura; 2) Exigência de serem todas as fases da operação completadas dentro de três a quatro horas após a colocação do cimento; 3) Presença de quantidades relativamente grandes de material suscetível de ser facilmente estragado; 4) Complexidade e demora das operações de cura. A despeito de tudo isto, o cimento, pela facilidade de ser encontrado, terá ampla utilização.

Quando incorporado ao cascalho argilo-arenoso, a quantidade de cimento necessária cai rapidamente (como sucede com outros estabilizantes) e o produto resultante apresenta possibilidades de suportar tráfego direto de considerável intensidade. Algumas associações dêsse cascalhos podem ser estabilizados apenas com 6 por cento de cimento.

Resinas pulverizadas. O produto Vinsol e (mais recentemente) o Pextite são derivados da distilação de pinheiros no sul dos Estados Unidos. O aspecto simpático dêsses estabilizantes é demandarem pequenas quantidades para ser utilizadas. A resina Vinsol tem sido muito empregada nos Estados Unidos, mas foi sobrepujada ultimamente pela "321" (Pextite), que possui características mais favoráveis. A "321" pode ser aplicada ao solo sob forma pulverizada, de maneira semelhante ao cimento na construção do *solo-cimento*. Cérca de 0.25 % do peso é a proporção com que figura no traço para as aplicações normais. A resina pulverizada, em estado seco, é misturada com o solo depois de se ter adicionado a êste água bastante para trazê-lo ao teor de umidade suficiente, procedendo-se em seguida à compressão da mescla com um rôlo pé de carneiro.

E' conveniente que o solo comprimido possa secar um pouco antes de ser molhado novamente pelas chuvas, exigência que se torna menos rigorosa com o emprêgo da "321". Um trecho construído por experiência com êste estabilizante em uma base aérea dos Estados Unidos foi mantido com a superfície continuamente molhada durante dez semanas, findas as quais o atrito da circulação deixava a descoberto superfícies secas. Ficou também verificado que o solo se tinha tornado tão refratário á água que o material raspado da chapa de rodagem não mais tinha possibilidade de se deixar embeber por aquele elemento e receber nova compactação. A principal restrição feita a êste estabilizante presentemente é de que êle apenas reage com êxito sobre solos acidos. Os solos alcalinos não são suscetíveis de tratamento, mesmo com elevadas percentagens de "321". Em regiões onde existem solos acidos e as condições climáticas permitem deixá-los secar a um teor de umidade suficiente, a resina "321" pode produzir boa camada impermeável com a incorporação apenas de cerca de 15 a 75 toneladas do produto por quilômetro.

A ESTABILIZAÇÃO COMO PROCESSO DE PROLONGAR A SERVIBILIDADE DOS REVESTIMENTOS DE EMERGÊNCIA, METÁLICOS OU IMPERMEÁVEIS, PREVIAMENTE FABRICADOS

Os vários métodos propostos ou atualmente em uso em campanha para estradas e pistas longe estão de resolver o problema da estabilização das mesmas durante todas as estações do ano, devido à impossibilidade de realizar perfeito controle da umidade. No caso do emprêgo das telas de arame, grades de aço ou chapas metálicas para improvisação de pistas ou leitos, a ação contundente do movimento dos veículos e aviões tende a produzir falhas que evoluirão com o tempo. As telas de arame parecem ter valor limitado, exceto em terra dura ou areias movediças (como Allenby as empregou na Palestina em 1917), ao passo que as chapas de aço, devido à sua grande superfície de contato e resistência, duram mais tempo, e sob piores condições, do que a têla de arame ou a grade de aço. No caso das telas de algodão previamente tratadas com asfalto, o ponto fraco está no fato de que o revestimento contínuo impermeável, quanto impeça com muita propriedade a saturação do solo pela água da superfície, anula, por outro lado, qualquer evaporação, fazendo o solo absorver por ação capilar a umidade máxima admitida pelo grau de compressão. Há assim motivo para recear que esse valioso processo de construção de estradas e pistas, possuidor de vantagens indiscutíveis para o trabalho rápido na zona de frente, venha a fracassar, finalmente, pela infiltração de umidade capilar.

Parece haver, assim, conveniência de que os tipos de revestimento de emergência citados sejam assentes sobre base estabilizada, para evitar a saturação do solo, desde que o estabilizante se enquadre nas condições impostas pelo campo de batalha, isto é, ser empregado em pequenas quantidades, não depender do grau de umidade, não exigir sincronização com outras fases da operação. Como os estabilizantes do tipo resina pulverizada obdecem a essas limitações, parece existir nos

mesmos um campo excepcionalmente favorável a um emprêgo intensivo, numa base de espessura provável de oito centímetros, afim de proporcionar aos tipos de revestimento em aprêço um funcionamento eficiente durante o mau tempo.

EQUIPAMENTO MECÂNICO PARA CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS LEITOS ESTABILIZADOS

Todo equipamento mecânico destinado à construção e conservação de leitos estabilizados é simples e rústico. O material necessário para trabalhos extensos é pequeno e o espaço que toma a bordo não é exagerado, em comparação com a importância do serviço que presta ao movimento de veículos e aviões, facilitando deste modo o transporte terrestre e aéreo. Em geral, a maior parte do equipamento destinado aos leitos estabilizados é o mesmo dos trabalhos de construção de estradas e pistas. As necessidades totais para um Batalhão de Engenharia são insignificantes quando comparadas com as hordas de veículos motorizados ou flotilhas de aviões cujo emprêgo eficiente depende do trabalho desempenhado por êsse equipamento.

As variadas máquinas que constituem tal equipamento têm sido aperfeiçoadas na América durante anos de constante aplicação. A seguinte análise dos principais elementos põe em destaque os mais importantes aspectos.

Niveladora auto patrol. Máquina capaz de aplicações diversas, foi estudada anteriormente por ocasião da referência feita ao processo de estabilização por processo mecânico. Como foi então dito, é também uma ferramenta de construção e dotada de um escarificador, assim como de lâmina niveladora. Pode desempenhar o papel de regularizar as chapas de rodagem. Devido à grande distância entre os seus eixos, a auto patrol é particularmente apropriada para os trabalhos de acabamento da plataforma. É comum a prática do êrro de empregar uma "bulldozer" (empurrador de terra) em trabalhos que

deveriam ser executados pela auto patrol, em cuja honra os engenheiros deveriam erigir monumentos.

Escarificador com dentes em cinzel. E' uma ferramenta reforçada, empregada para desagregar o solo e nas operações de mistura e estabilização, com profundidade de corte suscetível de graduação. Pequeno trator de esteiras ou de rodas com pneumáticos conduzí-la-á, conforme as circunstâncias.

Grade triangular de discos graduáveis. E' a ferramenta mais importante dos trabalhos de desagregação e mistura dos solos para fins de estabilização. O dispositivo de graduação, que a torna diferente dos outros tipos de grades triangulares de discos, assegura a simples realização do destorroamento e da mistura sem ondular o terreno com altos e baixos. Pequeno trator, de esteiras ou de rodas munidas de pneumáticos, aciona-a.

Grande com dentes ponteagudos. Auxilia a desagregação final, sendo mais particularmente empregada para eliminar planos de compactação produzidos pelo rôlo pé de carneiro. Apesar da importância que tem, sua utilização nem sempre é realizada com acerto. E' tirada geralmente por um trator de rodas pneumáticas.

Destorrador-misturador rotativo. Conjunto mecanizado para desempenhar todas as operações de desagregação e mistura durante os trabalhos de estabilização dos solos, em substituição a quase todas as ferramentas pertencentes ao chamado equipamento de agricultor. E' ferramenta de grande valor nos solos que não contenham grandes pedras, etc. Será usada em grande escala, mas não parece impedir a necessidade das charruas ou arados. E' acionada automaticamente, quanto à mistura, mas rebocada por trator de pneumáticos.

Charrua de discos. Destinada geralmente a revolver a terra e a impedir o crescimento de raizes. E' utilizada erroneamente na estabilização dos leitos das estradas, visto falhar no desempenho da mais importante função necessária a esse trabalho: o revolvimento completo da mistura, de maneira a trazer para a parte superior os materiais parcialmente mistu-

rados e o agente estabilizante, não misturado, os quais tendem inevitavelmente a permanecer no fundo durante as operações de mistura. Ao invés da charrua de discos, o emprêgo da charrua de conchas parece preferível, porque realiza o revolvimento completo dos materiais.

Compressor de rôlos metálicos lisos, de 5 a 8 t. Utilizado com proveito até certo limite nas últimas fases da compactação do solo estabilizado. Pode ser dispensado, entretanto, em troca do compressor de rodas com pneumáticos, possuidor de maior eficiência. Frequentemente causa danos aos trabalhos de compressão e estabilização dos solos, pouco rendimento aí apresentando na realidade, sendo mais apropriado aos trabalhos com pedra britada, como no macadame, ou à compressão das mesclas de asfalto e peixe.

Compressor de rodas munidas de pneumáticos. Engenho de compactação recentemente aperfeiçoado, essencial aos estágios finais de todas as operações de compressão do solo ou das misturas estabilizantes. Suas rodas de pneumáticos múltiplos adaptam-se melhor ao terreno, produzindo trabalho mais seletivo, bem como um amassamento, que o compressor de rodas de aço lisas não podem dar.

Rôlo pé de carneiro. — É a ferramenta básica nos trabalhos modernos de terraplenagem e nos de preparação de solos estabilizados, capaz de exercer pressão variável de 150 a 325 libras por polegada quadrada de superfície nas extremidades dos pés (10 a 20 kg/cm²), pelo enchimento dos tambores com água molhada. O pé com a forma de uma pirâmide truncada de base quadrada, é superior ao antigo modelo de pé, que efetivamente parecia o de um carneiro, e pode ser retirado do solo sem o efeito de cisalhamento que aquele produzia. Levando a compactação às camadas inferiores, tem desempenhado papel saliente nos recentes progressos introduzidos na prática dos trabalhos de construção de estradas e pistas.

Trator de rodas com pneumáticos Valioso elemento do conjunto de construção, pode se encarregar de muitas partes atribuídas ao conjunto destinado aos trabalhos de estabilização.

Os tipos mais leves podem, na sua maioria, ser manejados durante toda a operação, em quaisquer condições, ao passo que, nos estágios finais, é altamente importante que substitua o trator de esteiras que, sem as "chapas lisas" (que parecem nunca ser encontradas) causa sério estrago ao material já estabilizado.

CONCLUSÕES

Que ensinamentos nos dá esta guerra com respeito à engenharia dos solos em campanha? A literatura veiculada pela imprensa nos permite afirmar:

2) No Egito, em novembro de 1941, o General *Lama* aderiu aos aliados. Os aeródromos do Eixo próximos da costa, em altitude muito baixa, tornaram-se tão lamacentos, em consequência do intenso movimento de aparelhos e da chuva, que os aviões britânicos, voando de campos relativamente sêcos, situados na elevação, puderam manifestar sua superioridade, destruindo o inimigo no terreno encharcado. O General *Lama* teve, assim, sua participação na vitória do Egito.

3) Ainda no Egito, em outubro de 1942, na mesma zona do ano anterior, as mesmas condições foram reproduzidas com intensidade duplicada. Desta vez, porém, o General *Lama* esmerou-se na sua influência, transformando a superioridade aérea britânica em aterradora devastação do inimigo. De novo, o General *Lama* é digno de louvor pela colaboração prestada no êxito de El Alamein.

4) A partir de então, a dedicação do General *Lama* tornou-se um pouco turva, sob a forma de neutralidade temporária. Em seguida, inclinou-se ligeiramente a favor do Eixo, permitindo que um comboio motorizado britânico caísse em atoleiro, nas proximidades de Benghazi. Prosseguindo, empenhou definitivamente sua aliança ao adversário, durante o resto da campanha, até a Tunisia. Finalmente, sobreveiu o verão, que secou as estradas e permitiu aos aliados utilizarem livremente o transporte motorizado e, o que é mais importante, empregar sua superioridade aérea com eficiência, pelo apro-

veitamento das pistas de terra dos campos de pouso das zonas de frente.

E' fora de dúvida que a lama, por certo evitável em parte, tem exercido profunda influência nesta guerra, não sómente em batalhas isoladas, senão em campanhas inteiras — mesmo no Norte da África, considerado "seco". Impossível, entretanto, ainda é avaliar com exatidão o papel da engenharia dos solos no desenrolar dos presentes acontecimentos e dos vindouros, mas não se pode deixar de concluir que tem inegável importância vital e acentuado valor tático e estratégico.

Em resumo, a engenharia dos solos em campanha tem a preocupação precípua do controle da umidade do terreno, com o objetivo final de preservar, a despeito das variações extremas das condições atmosféricas, as propriedades físicas do material constitutivos dos leitos das estradas e pistas. Cumpre fugir aos dois estados limites da degradação das chapas de rodagem: poeira e lama. O importante postulado que reconhece no engenheiro a possibilidade de controlar a umidade dos solos, mediante emprêgo inteligente de meios recentemente aperfeiçoados, é o tema principal do presente artigo.

Na estabilização das plataformas de terra das estradas encontra a engenharia militar vasto campo para as suas criações, tão espetaculares e impressionantes quanto as demais realizações da arte da guerra na evolução do armamento e dos meios de destruição.

E essas realizações terão aproveitamento limitado, se o engenheiro militar for mal sucedido na sua simples mas difícil missão: controle da umidade do solo.

A INSTALLADORA

ELETRICIDADE E HIDRAULICA

APARELHOS DE ILUMINAÇÃO

Fones: — 23.4438, Loja e Instalações. 43.6366, Escritório.

A. L. MORAES & CIA. LTDA.

148 — RUA URUGAIANA — 150 — RIO DE JANEIRO