



FATEC-SP

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Departamento de Transportes e Obras de Terra

LEANDRO SILVA DE OLIVEIRA

**GESTÃO DE QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS
APLICADA ÀS ATIVIDADES DE SUPERVISÃO E
EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**SÃO PAULO
2013**

LEANDRO SILVA DE OLIVEIRA

**GESTÃO DE QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS
APLICADA ÀS ATIVIDADES DE SUPERVISÃO E
EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Monografia apresentada à Faculdade Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau do Tecnólogo em Movimento de Terra e Pavimentação.

Orientador: Prof^o. Espec. Rinaldo Felix da Costa.

**SÃO PAULO
2013**

AGRADECIMENTOS

Sou grato, primeiramente a Deus pelo fôlego de vida e sua misericórdia que se renova a cada manhã. Ao meu orientador, professor Rinaldo Felix da Costa e professora Arisol Simone Sayuri Tsuda, pela parceria e pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos nesta etapa da minha vida. À FATEC, pois os conhecimentos adquiridos nesta instituição me abriram novas oportunidades no mercado de trabalho. Aos professores, funcionários e alunos, pelos conhecimentos oferecidos e amizades formadas. À minha esposa Patrícia e minhas filhas Anna Luiza e Isabelly, que me inspiram a evoluir a cada dia como pessoa e como profissional.

RESUMO

A demanda por obras rodoviárias no Brasil aumenta cada vez mais devido ao crescimento econômico experimentado pelo país desde meados dos anos 90. Visando fazer frente a esta realidade compete às autoridades públicas e seus concessionários melhorarem em quantidade e em qualidade a malha rodoviária do País, mediante um planejamento adequado, com obras que atendam as necessidades dos usuários, com uma vida útil maior e menores custos de manutenção. Para tanto, ferramentas de planejamento e controle da qualidade são cada vez mais aplicadas pelas empresas contratadas, objetivando o aumento da produção e a redução de seus custos operacionais, dentro de uma filosofia de melhoria contínua dos processos envolvidos. Considerando este cenário, foi objeto do presente trabalho o desenvolvimento de um plano de qualidade baseado no Manual de Gestão da Qualidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), além das especificações técnicas do Departamento de Estradas de Rodagem (DER/SP) e NBR ISO 9000, sendo realizado um estudo de caso na construção de um pavimento flexível para verificação de sua aplicabilidade.

Palavras-chave: Sistema de Gerenciamento da Qualidade. Pavimento flexível. Qualidade. ISO 9000.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – MODELO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE BASEADO EM PROCESSO	8
FIGURA 2.2 – CICLO PDCA	9
FIGURA 2.3 – ENTRADAS E SAÍDAS DAS ANÁLISES CRÍTICAS	11
FIGURA 3.1 – TRECHO DE LIGAÇÃO SERRA NEGRA A AMPARO	15
FIGURA 3.2 – SEÇÃO TIPO DO PAVIMENTO	16
FIGURA 3.3 – MELHORIA E PREPARO DO SUBLEITO	20
FIGURA 3.4 – COMPACTAÇÃO DA BASE.....	23
FIGURA 3.5 – ENSAIO COM A VIGA BENKELMAN.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CBR – California Bearing Ratio

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DER/SP – Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

FTA – Fault Tree Analysis

GC – Grau de Compactação

ISO – International Organization for Standardization

LIE – Limite Inferior da Especificação

LSE – Limite Superior da Especificação

MASP – Método de Análise e Solução de Problemas

NBR – Norma Brasileira Registrada

ONU – Organização das Nações Unidas

PMQ – Pré Misturado a Quente

PCQ – Plano de Controle de Qualidade

PDCA – Plan Do Check Act

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

TPM – Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	2
1.2	OBJETIVO	2
1.3	METODOLOGIA.....	2
2	EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE QUALIDADE	3
2.1	QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	3
2.2	AGENTES INTERVENIENTES.....	4
2.3	NORMAS DE QUALIDADE.....	4
2.3.1	<i>A ISO 9000</i>	4
2.4	CERTIFICADO CONFORME A NORMA ISO 9000.....	5
2.5	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE - SGQ.....	6
2.5.1	<i>ENVOLVIMENTO DAS PESSOAS</i>	7
2.5.2	<i>ABORDAGEM DO PROCESSO</i>	7
2.5.3	<i>ABORDAGEM SISTEMÁTICA PARA A GESTÃO</i>	8
2.5.4	<i>ABORDAGEM FACTUAL PARA TOMADA DE DECISÃO</i>	8
2.5.5	<i>MELHORIA CONTÍNUA</i>	9
2.5.6	<i>O CICLO P.D.C. A.</i>	9
2.6	ESTRUTURA DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE.....	11
2.6.1	<i>REQUISITOS GERAIS</i>	11
2.6.2	<i>REQUISITOS DE DOCUMENTAÇÃO</i>	12
2.7	GESTÃO DE RECURSOS	13
2.8	PLANO DE CONTROLE DA QUALIDADE - PCQ	13
2.9	MEDIÇÃO, ANÁLISE E MELHORIA.....	13
3	QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	15
3.1	ESTUDO DE CASO.....	15
3.2	PLANO DE CONTROLE DA QUALIDADE.....	17
3.3	PLANO DO SISTEMA INTREGADO DA OBRA	17
3.3.1	<i>ANÁLISE CRÍTICA DO CONTRATO</i>	17
3.3.2	<i>OBJETIVOS DA QUALIDADE DA OBRA</i>	17
3.4	INDICADORES DA QUALIDADE	18
3.4.1	<i>PRODUÇÃO</i>	18
3.4.2	<i>RESULTADO</i>	18
3.4.3	<i>GESTÃO DA QUALIDADE</i>	18
3.5	LISTA DE MATERIAIS CONTROLADOS	19
3.6	LISTA DE SERVIÇOS CONTROLADOS	19
3.7	PROCEDIMENTOS PARA OS SERVIÇOS A SEREM CONTROLADOS	19
3.7.1	<i>MELHORIA E PREPARO DO SUBLEITO</i>	19
3.7.1.1	<i>EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS</i>	21
3.7.2	<i>EXECUÇÃO DE SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA</i>	23
3.7.2.1	<i>PROJETO DE MISTURA DOS AGREGADOS – BRITA GRADUADA</i>	24
3.7.2.2	<i>EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS</i>	24
3.7.2.3	<i>ITENS DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS</i>	25
3.7.3	<i>PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO</i>	26
3.7.3.1	<i>PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO</i>	26
3.7.3.2	<i>TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO</i>	26
3.7.3.3	<i>DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA</i>	26
3.7.3.4	<i>COMPACTAÇÃO DA MISTURA</i>	27
3.7.3.5	<i>EXECUÇÃO DE JUNTAS</i>	27
3.7.3.6	<i>ABERTURA AO TRÁFEGO</i>	28

3.7.4	<i>ITENS DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS</i>	28
3.8	<i>APLICAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE</i>	29
3.8.1	<i>PARÂMETROS DO PROJETO</i>	29
3.8.2	<i>CONTROLE TECNOLÓGICO</i>	30
3.9	<i>SUPERVISÃO DE OBRA RODOVIÁRIA</i>	31
3.9.1	<i>FISCALIZAÇÃO ADMINISTRATIVA</i>	32
3.9.2	<i>FISCALIZAÇÃO TÉCNICA DE UMA OBRA RODOVIÁRIA</i>	32
3.9.2.1	<i>PRINCIPAIS INIMIGOS DO PAVIMENTO</i>	33
3.9.2.2	<i>MELHORIA E PREPARO DO SUBLEITO</i>	33
3.9.2.3	<i>BASE DE BGS</i>	34
3.9.2.4	<i>IMPRIMAÇÃO IMPERMEABILIZANTE</i>	34
3.9.2.5	<i>IMPRIMAÇÃO LIGANTE</i>	34
3.9.2.6	<i>EXECUÇÃO DE PMQ</i>	35
4	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira tem passado por mudanças em sua gestão e nas técnicas utilizadas. A diferença desta indústria para outras é que enquanto a indústria convencional possui local fixo, onde o produto é confeccionado, esta vai até ao local onde o produto será executado. Surge então a necessidade de melhores projetos de engenharia, na melhoria dos materiais e outros insumos utilizados nas atividades de supervisão e execução das obras.

As rodovias são o principal meio de transporte utilizado no Brasil e possuem grande importância no desenvolvimento econômico e social, tornando possível o transporte de produtos, o deslocamento de pessoas, possibilitando o acesso a bens e serviços pela sociedade. O desenvolvimento econômico, social e político de um país estão diretamente ligados aos sistemas de transporte. O modal rodoviário é fundamental ao acesso de produtos e usuários aos principais pontos de coleta e distribuição, garantindo a integração entre portos, ferrovias, hidrovias e aeroportos. (CNT, 2007)

O Brasil também é considerado uma das economias mais promissoras do mundo, assim como a Rússia, Índia, China e África do Sul, grupo conhecido pela sigla BRICS, ideia formulada pelo economista chefe da Goldman Sachs, Jim O'Neil em seu estudo de 2001, intitulado *Building Better Global Economic BRICS* (O'NEILL, 2001).

Para que estas previsões se tornem realidade, porém, os membros do BRICS precisam obrigatoriamente subir em outro ranking, o das nações com infraestrutura compatível com o próprio tamanho, ou seja, que sejam capazes de atender com qualidade a crescente demanda nos próximos anos, CNT (2010).

A qualidade do sistema de transportes é tão relevante quanto os sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto, por exemplo. Segundo a ONU (2012), 80% da população na América Latina vivem nas cidades. No Brasil isso não é diferente. Grande parte dos recursos públicos e privados de uma cidade é destinada aos sistemas de transporte. Esses custos envolvem o investimento em construção, manutenção e operação da infraestrutura viária, das vias específicas para o transporte público e de todos os veículos utilizados.

Segundo Souza e Abiko (1997), a qualidade da obra como um todo é resultante das soluções e detalhes fornecidos pelo projeto, planejamento e gerenciamento da obra, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos administrativos em seu interior, do controle de

recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade de cada serviço específico do processo de produção.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Dos setores da indústria no Brasil, a construção civil tem investido de forma intensa no que diz respeito à qualidade. Desde o ano de 1998 várias normas de gestão da qualidade têm sido implantadas com o objetivo de orientar as empresas construtoras na padronização de seus processos.

Por outro lado, a demanda por obras rodoviárias no Brasil aumenta cada vez mais. Visando fazer frente a este cenário, compete às autoridades públicas e seus concessionários melhorarem em quantidade e em qualidade a malha rodoviária do País. Para tanto, Sistemas de Gerenciamento da Qualidade são cada vez mais utilizados pelos empreiteiros visando aumentar sua produtividade, diminuir os custos com a execução e retrabalho e aumentar a vida útil da obra, sendo a aplicabilidade desses conceitos os motivos que justificam a presente pesquisa.

1.2 OBJETIVO

O objetivo principal desta pesquisa foi elaborar um Plano de Controle da Qualidade voltado às atividades de execução do pavimento flexível.

1.3 METODOLOGIA

Baseado nos conceitos estabelecidos no Manual de Gestão da Qualidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), além das especificações técnicas do Departamento de Estradas de Rodagem (DER/SP) e NBR ISO 9000, esta pesquisa visa apresentar um Sistema de Gestão da Qualidade como ferramenta de melhoria contínua voltada à construção de pavimentos flexíveis e verificar sua aplicabilidade no caso da obra de pavimentação da rodovia SP-105, entre os Municípios de Serra Negra e Amparo, com um total de 12,4 Km de rodovia.

2 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE QUALIDADE

O conceito de qualidade foi primeiramente associado à definição de conformidade às especificações, surgindo, primeiramente no Japão através da publicação de programas como 5S's, Just in Time, Kaizen e TPM (Manutenção Produtiva Total).

Posteriormente, este conceito evoluiu para a visão de satisfação do cliente, não sendo apenas a conformidade com as especificações técnicas, mas também fatores como prazo e pontualidade na entrega, condições de pagamento e atendimento de pré e pós-venda.

Pouco tempo depois, Juran e Grina (1991) iniciaram o conceito de garantia da qualidade, que se refere ao planejamento da qualidade, aperfeiçoamento da qualidade, auditoria da qualidade e confiabilidade.

O termo mais recentemente utilizado refere-se à Qualidade Total, fatores a serem considerados para fins da qualidade que tem como objetivo a satisfação não só do cliente, mas de todas as entidades significativas para a existência da empresa e também da excelência organizacional da empresa.

2.1 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Meseguer (1991) descreveu características próprias às atividades de construção civil, as quais tornam difícil a aplicação dos conceitos de qualidade aplicados na indústria em geral:

- A construção é uma indústria de caráter nômade;
- Cria produtos únicos e não seriados;
- Não é possível aplicar a produção em cadeia (produtos passados por operários fixos), mas sim a produção centralizada (operários móveis passando por um produto fixo);
- É uma indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações;
- Utiliza mão de obra intensiva e pouco qualificada, sendo que o emprego dessas pessoas tem caráter eventual e suas possibilidades de promoção são escassas, o que gera baixa motivação ao trabalho;
- A construção, em geral, realiza seus trabalhos sob intempéries;
- O produto é único ou quase único na vida do usuário;
- São empregadas especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas;

- As responsabilidades são dispersas e pouco definidas e;
- O grau de precisão que se trabalha na construção é, em geral, muito menor do que em outras indústrias, qualquer que seja o parâmetro que se contemple: orçamento, prazo, resistência mecânica, etc.

2.2 AGENTES INTERVENIENTES

De acordo com a observação feita pelo pesquisador no caso da obra SP-105, existem alguns fatores que influenciam na qualidade de uma obra rodoviária, entre os quais se destacam:

- Os usuários, pois as etapas seguintes são baseadas em suas necessidades, que podem variar de acordo com a região e poder aquisitivo;
- Condições climáticas;
- Autorizações e legislação ambiental, áreas de preservação permanente (APP);
- Condições da vizinhança, desapropriações;
- Falta de informação e erro em projetos que impedem a correta execução dos serviços;
- Capacidade da empresa executora.

2.3 NORMAS DE QUALIDADE

2.3.1 A ISO 9000

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a NBR ISO 9000, cujo nome genérico é ISO 9000, estabelece as diretrizes para a implantação de Sistemas de Gestão de Qualidade. (ABNT, 2005)

A família ISO 9000 é constituída por um conjunto normas e diretrizes, estando divididas em:

- a) especificação: a NBR ISO 9001:2008 (ABNT, 2008), e
- b) guias e diretrizes: NBR ISO 9000:2005 (ABNT, 2005) e NBR ISO 9004:2010 (ABNT, 2010).

A norma NBR ISO 9001:2008 é mandatória e única aplicável à certificação de sistema de gestão da qualidade, enquanto que as normas NBR ISO 9000:2005 e NBR ISO 9004:2010 são guias que servem para o entendimento e implementação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), conforme NBR ISO 9000. (ABNT, 2005, 2008, 2010)

Os benefícios de certificar na ISO 9000 são:

- Criar oportunidades de mercado;
- Conjunto de regras para garantir a qualidade que são aceitas no mundo todo;
- Aumento da satisfação e lealdade dos clientes, porque assegura que seus requisitos são atendidos;
- Redução dos custos operacionais, através da diminuição dos custos da qualidade e aumento da eficiência, alcançado como resultado da prevenção intensificada versus correção;
- Melhoria da transferência de conhecimento dentro da empresa;
- Melhora do estado de espírito e aumento da motivação dos empregados à medida que eles trabalham com maior eficiência;

Conforme pode ser observado ao ler as normas ISO, as mesmas não especificam como uma atividade deve ser feita. Elas definem um conjunto de requisitos, todos de bom senso. Cabe à empresa evitar a burocratização ou engessamento causado pela maneira errada de interpretação e aplicação da Norma.

A NBR ISO 9000 descreve oito princípios da gestão da qualidade (ABNT, 2005):

- Foco no cliente;
- Liderança;
- Envolvimento de pessoas;
- Abordagem de processo;
- Abordagem sistêmica para a gestão;
- Melhoria contínua;
- Abordagem factual para tomada de decisões;
- Benefícios mútuos nas relações com os fornecedores.

2.4 CERTIFICADO CONFORME A NORMA ISO 9000

Hargeaves (2001) argumenta que a adoção do sistema de gestão da qualidade gera confiança na capacidade de seus processos e cria uma base para a melhoria contínua. A empresa que opta pela gestão da qualidade estará em melhoria constante, o que aumenta a satisfação e confiabilidade dos clientes, consequentemente fortalece a imagem da empresa,

pois você terá um produto ou serviço profundamente melhorado. Este é um dos fatores que garante que seus produtos ou serviços são seguros. Mais que um diferencial de qualidade, a certificação abre as portas do mundo globalizado para as empresas certificadas, uma vez que, ao adquirir produtos dessas empresas o consumidor tem a certeza que existe um sistema confiscável de controle das etapas de desenvolvimento, elaboração, execução e entrega do produto, provido de um tratamento formalizado com o objetivo de garantir os resultados.

Ter um certificado ISO 9000 significa que uma empresa tem um sistema gerencial voltado para a qualidade e que atende aos requisitos de uma norma internacional. Não há obrigatoriedade para se ter a ISO 9000. As normas foram criadas para que as empresas as adotem de forma voluntária.

Os fundamentos, conforme descreve a ABNT (2005), visam estabelecer critérios para um adequado gerenciamento do negócio tendo como foco principal a satisfação do cliente e consumidor, através de uma série de ações, dentre as quais podemos destacar:

- A empresa precisa estar totalmente comprometida com a qualidade (considerando qualidade = satisfação do cliente), desde os níveis mais elevados, até os operadores;
- Adequado gerenciamento dos recursos humanos e materiais necessários para as operações do empreendimento;
- Existência de procedimentos, instruções e registros de trabalho formalizando todas as atividades que afetam a qualidade;
- O monitoramento dos processos através de indicadores e tomada de ações quando os objetivos pré-estabelecidos não são alcançados. Além dos aspectos de exigência do cliente, diferencial de marketing, a ISO 9000 é uma excelente ferramenta gerencial para qualquer tipo de empresa e pode ser adaptada à realidade da construção rodoviária.

2.5 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE - SGQ

Sistema de Gestão da Qualidade, é o conjunto de estruturas organizacionais, procedimentos, métodos, processos que convergem para implementar as atividades requeridas pela política de qualidade, objetivos e responsabilidades, e dirija sua implementação como meios de planejamento, controle, ação para garantia e melhoria de acordo com as características de produtos e serviços prestados ABNT (1994).

2.5.1 ENVOLVIMENTO DAS PESSOAS

O DNIT (2006) e a ABNT (2005) destacam a importância do envolvimento das pessoas para a qualidade. Pessoas em todos os níveis são a essência de uma organização e seu total envolvimento possibilita que as suas habilidades sejam usadas para benefício da organização. As habilidades de todos em uma organização são fundamentais para o sucesso. O envolvimento das pessoas de uma organização consegue-se principalmente, quando existem transparência e comunicação na relação da direção, gerência e operação. Os planejamentos, planos e projetos devem ser divulgados e esclarecidos. Esta comunicação deve ser a mais direta possível. A voz da direção deve chegar à operação e a voz da operação deve chegar à direção.

Ainda segundo o DNIT (2006) a participação é fundamental para o envolvimento das pessoas no desenvolvimento, implantação e manutenção de um Sistema da Qualidade. Se possível, deixar que as pessoas sejam os autores ou coautores dos procedimentos ou instruções específicas. Toda atenção e treinamento lhes devem ser disponibilizados.

2.5.2 ABORDAGEM DO PROCESSO

Conforme a ABNT (2005), um processo é qualquer atividade ou conjuntos de atividades que usa recursos (entradas) e os transforma em insumos (Saída).

A direção deve priorizar quais processos ou sub-processos devem ser monitorados e desenvolvidos visando a melhoria de desempenho da empresa como um todo ou para realização de um produto ou serviço.

O DNIT (2006) descreve que:

Gerenciar, eficiente e eficazmente os processos, leva a alcançar os resultados almejados pela organização evidenciada em seu planejamento do processo, com base na qualidade, ou seja, os indicadores da qualidade e produtividade retroalimentando a direção para a tomada de decisões.

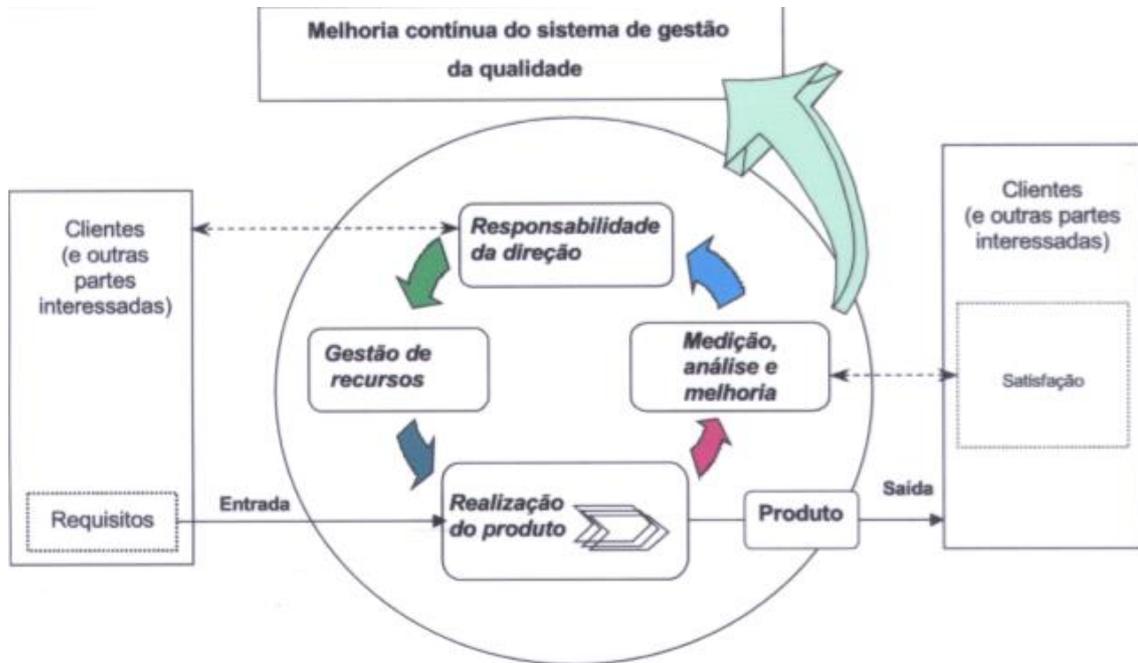


Figura 2.1 – Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processo

Fonte: (ABNT, 2005, p. 3)

2.5.3 ABORDAGEM SISTEMÁTICA PARA A GESTÃO

Para o DNIT (2006), sistematizar significa criar regras e políticas para que os objetivos da organização sejam atingidos e identificar os processos inter-relacionados com o sistema de forma planejada. Depois de identificados os processos organizacionais, devem-se criar as políticas, os manuais, os procedimentos, as instruções específicas e colocá-los em uso operacionalizando-os. Uma vez em uso, devem ser monitorados, com as ações de inspeção e supervisão. Uma das ferramentas exigidas por norma são as auditorias internas. A rotina do dia a dia pelo uso continuado e rotineiro do sistema é a sistematização.

2.5.4 ABORDAGEM FACTUAL PARA TOMADA DE DECISÃO

Segundo o DNIT (2006), em um Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), não há lugar para dúvidas. É necessário documentar todos os eventos por meio de registros. Estes devem evidenciar resultados, que conseqüentemente são transformados em indicadores. De posse destes indicadores de qualidade e produtividade, a direção deve tomar decisões setoriais ou organizacionais em relação a seus processos, departamentos, mercado e desempenho global.

2.5.5 MELHORIA CONTÍNUA

O DNIT (2006) descreve que com base nesses indicadores de qualidade e produtividade deve-se estabelecer a melhoria contínua como objetivo permanente da organização. Ações do dia a dia demonstram a melhoria, desde que se evidenciem as ações corretivas e preventivas através dos registros. Estes registros, de todos os processos, devem ser estabelecidos, plotados, indexados em formulários próprios via procedimentos. O estudo das causas das não conformidades em geral, é um passo para as ações sistematizadas de melhoria. A melhoria contínua deve ser um item de pauta permanente nas reuniões de análise crítica pela direção.

2.5.6 O CICLO P.D.C. A.

De acordo com a ABNT (2005) e DNIT (2006) uma meta não alcançada, ou um indicador abaixo do mercado ou da concorrência, um prazo não conferido, dentre outras, devem ser consideradas como uma não conformidade, pois são valores não desejados.

Nestes casos, pode-se utilizar o ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) conforme figura 2.2, pois permite a padronização dos processos e melhoria dos mesmos.



Figura 2.2 – Ciclo PDCA
Fonte: SOUZA e ABIKO (1997)

O DNIT (2006) descreve o seguinte significado para o ciclo PDCA:

- No primeiro quadrante (P) Plan – Planejamento – deve-se planejar o máximo possível todas as atividades e Processos, no sentido da obtenção dos resultados a serem alcançados.
- Quando se estiver apto, passa-se ao segundo quadrante (D) Do – Fazer, Executar – Deve-se ainda certificar-se de que se têm condições de executar as diferentes tarefas, treinando pessoal. Realizam-se as atividades ou serviços utilizando o monitoramento necessário conforme planejamento, registrando todos os fatos ocorridos, as conformidades e as não conformidades.
- Durante os trabalhos desenvolvidos e, após a sua realização, o terceiro quadrante (C) Check – Checar – já deve estar em franco desenvolvimento, pois uma não conformidade de planejamento, do processo, ou etapas do produto final, identificada nesta fase deve ser imediatamente corrigida por conta dos retrabalhos ou da revisão do planejamento. De posse de todos os registros e resultados, verifica-se se todas as metas foram obtidas e os objetivos alcançados, se os indicadores esperados são mesmos os obtidos.
- Caso contrário, deve-se passar para o quarto quadrante (A) Act – Agir – no sentido de corrigir as não conformidades encontradas.

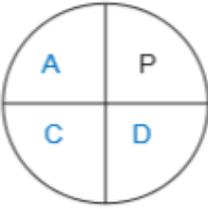
ENTRADAS	ANÁLISE CRÍTICA	SAÍDAS
<ul style="list-style-type: none"> • Resultado das auditorias internas e externas; • Manifestações dos clientes; • Acompanhamento estatístico das não conformidades via relatórios gerenciais; • Situação das ações preventivas e corretivas; • Acompanhamento das ações de Análises críticas das reuniões anteriores; • Mudanças que poderiam afetar o Sistema da qualidade; • Acompanhamento de metas e indicadores da qualidade; • Monitoramento ambiental. • Monitoramento de Segurança do Trabalho; • Monitoramento dos Planejamentos; • Análise de custo e acompanhamento financeiro. 	 <p>Reunião de análise crítica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação do processo de melhoria contínua e da eficácia do Sistema, de seus processos e do seu produto em relação aos requisitos do cliente; • Recursos necessários para a manutenção e melhoria do Sistema de gestão da Qualidade; • Atendimento a padrões contratuais e legais; • Relatórios de entrega e pós-entrega; • Ações preventivas e corretivas; • Registro de reuniões (atas); • Adequação dos Planejamentos; • Adequação dos custos e resultados financeiros;

Figura 2.3 – Entradas e saídas das análises críticas
Fonte: DNIT (2006)

2.6 ESTRUTURA DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

A estruturação de um Sistema de Gestão da Qualidade é o primeiro requisito a ser cumprido para a certificação do empreendimento. É composto de dois subitens principais: Requisitos Gerais e Requisitos da Documentação, que traduzem como funciona.

2.6.1 REQUISITOS GERAIS

Para que o objetivo da certificação seja alcançado, é necessário que o Sistema de Gestão projetado seja documentado, implementado e mantido de forma a obter melhorias contínuas.

Segundo o DNIT (2006), o sistema deve constar de:

- Identificação de todos os processos que compõe o Sistema de Gestão da Qualidade do Empreendimento e sua aplicação, bem como se os mesmos interagem e qual a sua sequência.
- Determinar todos os critérios necessários para assegurar que a operacionalização e controle desses processos sejam eficazes. Esses critérios devem ser evidenciados em procedimentos definidos para o perfeito gerenciamento dos diferentes processos. Devem-se definir quais os procedimentos a serem desenvolvidos por processo. Nestes procedimentos deve-se evidenciar também, como executar e como monitorar a atividade e quem deve ser o responsável de cada ação definida nos procedimentos do sistema e relativos aos processos produtivos e instruções específicas;
- Assegurar que todos os recursos necessários à operacionalização e monitoramento dos processos estão identificados e disponibilizados;
- Implementar ações necessárias para atingir os resultados planejados e a melhoria contínua desses processos. Essas ações podem ser de caráter corretivo ou preventivo e a busca dessas ações convém que estejam baseadas em metodologias específicas de análise de causas.

Ainda segundo o DNIT (2006) todos os processos que impactem diretamente o Sistema de Gestão da Qualidade projetado, afetando diretamente a conformidade do produto em relação aos requisitos especificados, e que por uma necessidade sejam adquiridos contratados externamente, cabe à organização assegurar o controle desses processos e evidenciá-los em seu Sistema. Seja o exemplo abaixo:

- Se contratados serviços de topografia, devem ser exercidos controles diretos sobre estes, visto que medições erradas impactam negativamente na qualidade do serviço apresentado, sendo assim deve-se exigir todos os certificados de calibração dos instrumentos utilizados e analisá-los quanto à validade das dimensões mensuradas para os requisitos especificados;
- A habilitação e capacitação dos executores do serviço;
- Analisar os registros gerados pelo processo de medição e validar as dimensões apuradas.

2.6.2 REQUISITOS DE DOCUMENTAÇÃO

Segundo o DNIT (2006) a documentação do Sistema de Gestão da Qualidade deve incluir:

- a) Declarações documentadas da política da qualidade e seus objetivos;
- b) Manual da Qualidade para o Empreendimento;
- c) Procedimentos documentados requeridos pela Norma NBR ISO 9001: 2000;
- d) Registros requeridos pela Norma NBR ISO 9001:2000.

2.7 GESTÃO DE RECURSOS

Conforme a ABNT (2008) a organização deve prover todos os recursos necessários para o desenvolvimento do sistema implantado, alocando-os conforme planejado:

- Recursos humanos necessários e desenvolver suas habilidades;
- Recursos tecnológicos necessários para o sistema e para os processos da organização;
- Recursos financeiros necessários ao desenvolvimento do sistema e dos processos;
- Recursos de infraestrutura para o alcance da conformidade dos produtos e a eficácia requerida, incluindo, espaço físico adequado, condições de alimentação e serviços adequados, comunicações e transportes necessários: contribuindo assim para o ambiente adequado do trabalho, desenvolvendo as atividades e o bom relacionamento propícios para a facilitação e a realização prazerosa do trabalho;
- Determinar as competências necessárias para se atingir os objetivos e metas propostas.

2.8 PLANO DE CONTROLE DA QUALIDADE - PCQ

A ABNT (2008) estabelece que a organização deve desenvolver um Plano de Controle de Qualidade (PCQ) ao empreendimento, considerando os insumos e serviços a serem controlados, e explicitando os procedimentos e instruções a serem seguidos e consultados. Com o PCQ desenvolvido e estabelecido evidencia-se o plano da qualidade.

2.9 MEDIÇÃO, ANÁLISE E MELHORIA.

Segundo o DNIT (2006) a organização deve medir e monitorar as características do produto para verificar se os requisitos do produto tenham sido atendidos. Como já foi enfatizado antes, devem ser desenvolvidos procedimentos para todo o processo produtivo, inclusive suas etapas intermediárias e o produto final. Qualquer serviço deve ter como premissa, um procedimento tecnicamente desenvolvido. Na falta desse, um descritivo que permita a execução, sempre sob a égide de profissional habilitado e credenciado para tal. Estes procedimentos devem em sua elaboração evidenciar os projetos, ter as diretrizes de execução, parâmetros para seu monitoramento, os diferentes responsáveis das diferentes

atividades, utilizando a matriz de responsabilidade e parâmetros de aceitação para as suas etapas e diretrizes para liberação, ou seja, tudo deve estar previsto no procedimento. Todo o monitoramento de processos e produtos deve estar previsto no Plano de Controle da Obra.

3 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL

3.1 ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa objetivou mostrar um exemplo de realização do Plano de Controle da Qualidade (PCQ) aplicado às atividades de construção do pavimento flexível. Para montagem deste exemplo, utilizou-se como base o manual de qualidade da obra em questão, especificações técnicas do DER e o manual de gestão da qualidade em empreendimentos rodoviários do DNIT.

Foi realizado um estudo de caso na empresa construtora Equipav Engenharia, que atua em obras rodoviárias e possui certificação NBR ISO 9001:2008. A empresa escolhida para realização do estudo de caso está sediada na cidade de Campinas/SP, onde possui escritório e equipamentos para construção de obras rodoviárias. (ABNT, 2008)

A pesquisa foi realizada quando a empresa iniciava o serviço de construção da obra de pavimentação da rodovia Dr. Rubens Pupo Pimentel, SP-105, entre os municípios de Serra Negra e Amparo, com um total de 12,4 Km de rodovia a ser pavimentada. Na data da pesquisa a obra estava na fase de terraplenagem, serviços de contenção e drenagem, em alguns trechos ocorriam o preparo de subleito e a execução da sub-base.

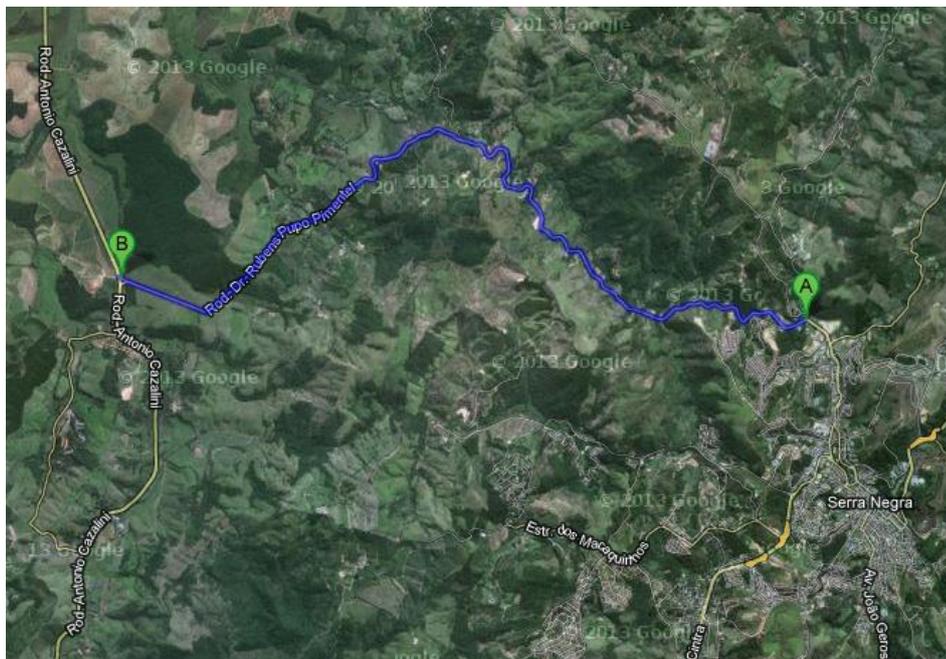


Figura 3.1 – Trecho de ligação Serra Negra a Amparo
Fonte: GOOGLE MAPS (2013)

O contrato da empresa foi firmado junto ao Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo (DER), responsável pela administração da obra. Foram previstos para a pavimentação do trecho em questão 130.148,00m² de Preparo do subleito, 27.230,00m³ de Sub-base de Rachão, 27.230,00m³ de Base de BGS (Brita Graduada Simples), 130.148,00m² de imprimação impermeabilizante, o mesmo para a imprimação ligante e 6.807m³ de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente).

A figura 3.2 apresenta a seção tipo do pavimento da Rodovia SP-105.

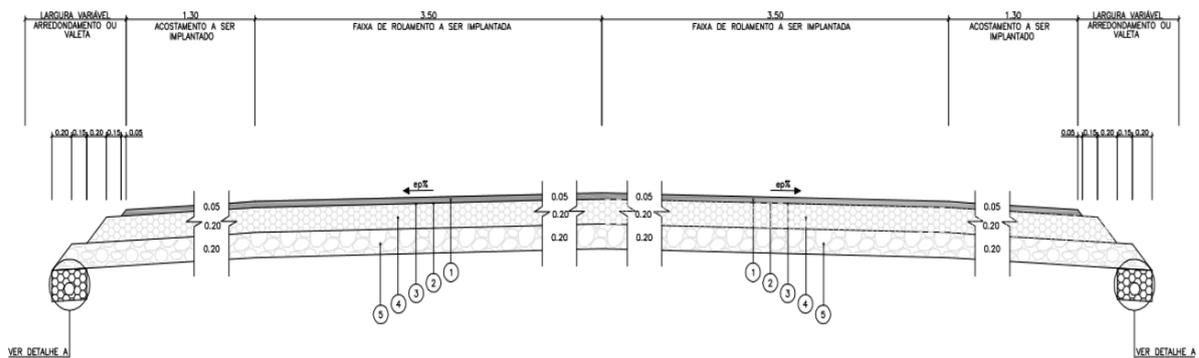


Figura 3.2 – Seção Tipo do pavimento
Fonte: Projeto DER (2011)

O quadro 3.1 apresenta as especificações técnicas do pavimento da SP-105, com as seguintes características:

Quadro 3.1 – Especificações técnicas do pavimento.

LEGENDA	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
①	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE – FAIXA "III"	ET-DE-P00/027 – DER/SP
②	IMPRIMADURA BETUMINOSA LIGANTE CONVENCIONAL	ET-DE-P00/020 – DER/SP
③	IMPRIMADURA BETUMINOSA IMPERMEABILIZANTE	ET-DE-P00/019 – DER/SP
④	BRITA GRADUADA SIMPLES – FAIXA "B"	ET-DE-P00/008 – DER/SP
⑤	RACHÃO INTERTRAVADO	ET-P00/042 – DERSA/SP
⑥	PREPARO E MELHORIA DO SUBLEITO	ET-DE-P00/001 – DER/SP

Fonte: Projeto DER (2011)

3.2 PLANO DE CONTROLE DA QUALIDADE – PCQ

O primeiro passo é a listagem de todos os processos necessários para uma boa gestão de qualidade da obra, por exemplo:

- a) Plano do sistema de gestão integrado da obra;
- b) Estrutura organizacional da obra;
- c) Layout do canteiro;
- d) Planejamento inicial da obra;
- e) Matriz de treinamento;
- f) Gerenciamento de resíduos;
- g) Lista de materiais controlados;
- h) Lista de serviços controlados.

3.3 PLANO DO SISTEMA INTEGRADO DA OBRA

O Plano de gestão integrado da obra tem como objetivo descrever, especificar e controlar a qualidade da obra.

Deve conter as informações como: Descrição da obra, nome do cliente, objetivo da obra, data de início, planejamento, características da obra como os principais itens de contrato.

3.3.1 ANÁLISE CRÍTICA DO CONTRATO

O DNIT (2006) relata a necessidade de realizar uma análise crítica do contrato e da obra, sendo importante identificar as premissas básicas e os processos críticos. A desapropriação das propriedades lindeiras é um processo crítico para a qualidade da obra, pois é uma atribuição do cliente, cabe à empresa construtora o acompanhamento durante a execução da obra.

3.3.2 OBJETIVOS DA QUALIDADE DA OBRA

No sistema de gestão da qualidade é feita a medição dos indicadores de desempenho definido para cada obra, que estão diretamente relacionados aos objetivos da política de qualidade da empresa construtora conforme definição e peso estabelecido.

As análises dos resultados são avaliadas mensalmente e elabora-se um plano de ação para melhoria dos resultados.

3.4 INDICADORES DA QUALIDADE

Segundo o DNIT (2006) os indicadores de qualidade e produtividade (qualitividade) são dados que a organização deve ter à disposição para que sejam tomadas decisões setoriais ou organizacionais em relação aos seus processos.

3.4.1 PRODUÇÃO

São os serviços executados, seguindo-se o cronograma físico-financeiro elaborado pelo gestor da obra, de acordo com o contrato firmado com o cliente.

3.4.2 RESULTADO

Visa atingir as metas da empresa no caso da obra SP- 105, onde o resultado foi previsto e definido pela presidência e corpo diretivo da organização.

Fórmula de cálculo: todos os valores são expressos em reais (R\$):

$$R = PE - I - CI - CD$$

R= Resultado;

PE=Total de receita (Produção executada);

I=Impostos;

CI=Custos indiretos;

CD=Custos diretos;

3.4.3 GESTÃO DA QUALIDADE

Mede a satisfação do cliente através da pesquisa e avaliação dos serviços prestados na obra.

3.5 LISTA DE MATERIAIS CONTROLADOS

Os materiais controlados que fazem parte do PCQ da obra em estudo referentes à construção de pavimento flexível são os seguintes:

- Solo para aterro;
- Brita;
- Asfalto Diluído;
- Emulsão asfáltica;
- Cimento asfáltico de petróleo.

3.6 LISTA DE SERVIÇOS CONTROLADOS

Os serviços controlados que fazem parte do PCQ da obra em estudo referentes à construção de pavimento flexível são os seguintes:

- Melhoria e preparo de subleito;
- Produção e execução de sub-base ou base de brita graduada;
- Execução de sub-base constituída de pedra rachão;
- Imprimação betuminosa impermeabilizante;
- Imprimação betuminosa ligante;
- Produção e aplicação de concreto asfáltico.

3.7 PROCEDIMENTOS PARA OS SERVIÇOS A SEREM CONTROLADOS

Para a gestão de qualidade da obra é necessário à padronização dos processos construtivos, com a finalidade de haver um melhor controle de qualidade do produto final, visto que cada obra tem uma característica única.

3.7.1 MELHORIA E PREPARO DO SUBLEITO

A figura 3.3 apresenta a homogeneização do solo através do trator agrícola com grade aradora.



Figura 3.3 – Melhoria e Preparo do subleito
Fonte: PRÓPRIA (2013)

As descrições dos procedimentos abaixo tiveram como fonte a especificação técnica DER/SP (2005a):

- a) Objetivo: Definir critérios para execução, verificação, aceitação e recebimento da melhoria e preparo do subleito, em obras viárias.
- b) Definição: Melhoria e preparo do subleito é o conjunto de operações que visa conformar a camada final de terraplenagem, mediante cortes e/ou aterros de até 20 cm, conferindo-lhe condições adequadas de geometria e compactação.
- c) Documentos complementares:
 - Projeto de pavimentação;
 - Especificação do contratante;
 - Notas de serviço de pavimentação;
 - Projeto geométrico;
 - Especificação técnica.

3.7.1.1 EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

Inicialmente deve-se proceder a verificação geral, fazendo locação das cotas previstas do projeto, na superfície existente.

- **Conformação e escarificação:** Inicialmente deve-se proceder a verificação geral, fazendo locação das cotas previstas do projeto, na superfície existente. Após a conclusão da terraplenagem, a superfície do subleito deve ser escarificada até 0,20m abaixo da plataforma de projeto. Com a motoniveladora, através de operações de corte e aterro, deve-se conformar a superfície existente, adequando-a ao projeto, de acordo com os perfis transversais e longitudinais.
- **Homogeneização do material:** O material espalhado e escarificado, após ter atingido a cota desejada, deve ser umedecido, se necessário, e homogeneizado mediante a ação combinada da grade de disco e a motoniveladora. Essas operações prosseguem até que o material apresente visualmente homogêneo. A umidade deve estar entre -2% a +1% da umidade ótima de compactação.
- **Compactação:** após as correções necessárias para a obtenção do teor ótimo de umidade, deve-se conformar a camada pela ação da motoniveladora, iniciando em seguida a compactação. Nos trechos em tangente, a compactação deve ser executada das bordas para o centro. O percurso ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de tal forma que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa do percurso anterior. Nos trechos em curva, havendo sobrelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

As operações de compactação devem prosseguir até que se atinja o grau de compactação de 100% em relação à massa específica aparente máxima, obtida na energia especificada em projeto, obtida conforme NBR 7182. O número de passadas necessárias do equipamento de compactação, para atingir o grau de compactação exigido, deve ser determinado experimentalmente na pista.

O quadro 3.2 apresenta a forma utilizada na (DER/SP, 2005a).

Quadro 3.2 – Melhoria e preparo do subleito

ITENS DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	RECOMENDAÇÕES
<p>Controle de material: os solos utilizados na melhoria e preparo do subleito devem ser submetidos aos seguintes ensaios: Análise granulométrica, e CBR ou mini CBR com determinação da expansão na energia de compactação especificada em projeto.</p>	<p>Granulometria compatível com a especificada no projeto. Deve ser igual ou superior ao CBR de projeto e expansão menor que 2%</p>	
<p>Controle da execução:</p> <p>a) Determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, com a energia especificada em projeto, com amostras coletadas na pista;</p> <p>b) Determinação do teor de umidade imediatamente antes do início da compactação;</p> <p>c) Determinação após o término da compactação, da umidade e da massa específica aparente in situ, e o respectivo grau de compactação em relação aos valores obtidos na coleta do material na pista.</p>	<p>a) Parâmetro de controle especificado em projeto;</p> <p>b) Se a umidade estiver no compreendida no intervalo de -2% a +1% da umidade ótima, o material pode ser liberado para a compactação;</p> <p>c) GC > ou = a 100%</p>	<p>a) Realizar 1 ensaio a cada 750m² de pista;</p> <p>b) Realizar ensaio a cada 350 m² de pista;</p> <p>c) Realizar ensaio a cada 350 m² de pista</p>
<p>Deflexões: Verificar as deflexões recuperáveis máximas (D0) através da viga Benkelman</p>	<p>A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto</p>	<p>Verificar a cada 20m por faixa alternada e 40 na mesma faixa</p>

Fonte: Adaptado de DER/SP (2005a)

3.7.2 EXECUÇÃO DE SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA

A figura 3.4 apresenta a compactação da base de brita graduada simples através do rolo pneumático e rolo liso.



Figura 3.4 – Compactação da base
Fonte: PRÓPRIA (2013)

As descrições dos procedimentos abaixo tiveram como fonte a especificação técnica (DER/SP, 2005b).

- a) Definição: Brita graduada é a camada de base ou sub-base composta por mistura em usina de produtos de britagem da rocha sã e que. Ao serem enquadradas em uma faixa granulométrica contínua, assegura a esta camada estabilidade.
- b) Documentos complementares:
 - Projeto de dosagem de brita graduada;
 - Projeto de pavimentação;
 - Especificação técnica do DER/SP (2005b) - Sub-base ou base de Brita Graduada.

3.7.2.1 PROJETO DE MISTURA DOS AGREGADOS – BRITA GRADUADA

O projeto da mistura dos agregados deve atender aos seguintes requisitos:

- a) A curva de projeto da mistura de agregados deve apresentar granulometria contínua e se enquadrar em uma das faixas granulométricas especificadas no quadro 3.3;
- b) A faixa de trabalho definida a partir da curva granulométrica de projeto deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira no quadro 3.3, porém respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;
- c) Quando ensaiada na energia modificada a mistura deve ter CBR igual ou superior a 100%, a expansão igual ou inferior a 0,3%.
- d) A porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar a 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

Quadro 3.3 – Faixas Granulométricas

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando				Tolerância
ASTM	mm	A	B	C	D	
2''	50,0	100	100	-	-	±7
1/2''	37,5	90 – 100	-	-	-	±7
1''	25,0	-	82 – 90	100	100	±7
3/4''	19	50 – 68	-	-	-	±7
3/8''	9,5	30 – 46	60 – 75	50 – 85	60 - 100	±7
Nº 4	4,8	20 – 34	45 – 60	35 – 65	50 – 85	±5
Nº 10	2,0	-	32 – 45	25 – 50	40 – 70	±5
Nº 200	0,075	1 -4	10 – 15	5 – 15	5 – 20	±2
Espessura da camada acabada em cm		10 – 17	10 – 17	10 – 13	10 – 13	

Fonte: DER (2005b)

3.7.2.2 EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- **Preparo da superfície:** A superfície a receber a camada de sub-base ou base de brita graduada deve estar totalmente concluída, perfeitamente limpa, isenta de pó, lama e demais agentes prejudiciais, desempenada e com as declividades estabelecidas no projeto, além de ter recebido prévia aprovação por parte da fiscalização. Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados antes da distribuição da brita graduada.
- **Espalhamento:** A definição da espessura do material solto deve ser obtida a partir da observação criteriosa de panos experimentais, previamente executados. Após a compactação, essa espessura deve permitir a obtenção da espessura definida em

projeto. A espessura da camada individual acabada deve situar-se no intervalo de 10 cm, no mínimo, a 20 cm no máximo. Quando se desejar executar camada de base ou sub-base maior que a espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada, respeitando os limites mínimos e máximos.

- **Compactação e acabamento:** O tipo de equipamento a ser utilizado e o número de passadas do rolo compactador devem ser definidos logo no início da obra, em função dos resultados obtidos na execução de trechos experimentais, de forma que a camada atinja o grau de compactação especificado. Este procedimento deve ser repetido no caso de mudança no projeto da faixa granulométrica adotada. A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada deve ser a modificada e deve ser adotada na determinação da densidade seca máxima e umidade ótima de compactação, conforme a ABNT (1986). O teor de umidade da brita graduada, imediatamente antes da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -2,0 % a +1,0 % em relação à umidade ótima obtida de compactação. A compactação da brita graduada deve ser executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável.

3.7.2.3 ITENS DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS

O quadro 3.4 apresenta a forma utilizada na DER/SP (2005b) para realização da base de brita graduada.

Quadro 3.4 – Brita graduada

VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	RECOMENDAÇÕES
Teor de umidade	Se estiver compreendido de -2% a + 1 da umidade ótima de compactação	A cada 250 m ² de pista imediatamente antes da compactação
Análise granulométrica da mistura.	Aceita quando as variações estiverem compreendidas entre os limites de faixa de trabalho.	2 ensaios por jornada de 8 horas, com intervalo mínimo de 4 horas entre as amostragens e sempre que houver variação de granulometria
Ensaio de compactação na energia modificada	Parâmetro de controle	Sempre que a curva granulométrica se achar fora de faixa de trabalho
Determinação da massa aparente in situ e o correspondente grau de compactação	Resultados individuais	1 determinação a cada 250 m ² de pista, alterando bordo direito, eixo e bordo esquerdo

Fonte: Adaptado de DER (2005b)

3.7.3 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO

As descrições dos procedimentos abaixo tiveram como fonte a especificação técnica DER/SP (2005c) e o manual de qualidade da obra em questão.

3.7.3.1 PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO

A usina deve ser calibrada, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para dosagem e dos agregados para evitar sobras nos silos quentes.

A temperatura do cimento asfáltico não modificado por polímero empregado na mistura não deve ser inferior a 120°C nem exceder a 177°C. A temperatura do cimento asfáltico modificado por polímero não deve exceder a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos à temperatura de 10°C a 15°C acima da temperatura do cimento asfáltico.

A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar a segregação da mistura dentro da caçamba, 1º na frente, 2º na traseira e 3º no meio.

3.7.3.2 TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico produzido deve ser da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes. As caçambas devem ser cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte de forma a proteger a massa asfáltica da ação de chuvas ocasionais, da eventual contaminação por poeira e especialmente evitar a perda de temperatura e queda das partículas durante o transporte.

3.7.3.3 DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição do concreto asfáltico empregado como camada de rolamento, ligação ou de regularização, deve ser realizada por uma ou mais acabadoras. Deve ser assegurado previamente ao início dos trabalhos, o aquecimento conveniente da mesa alisadora da acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos de segregação. Na partida da acabadora devem ser colocadas 2 a 3 réguas, com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada. Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela acabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.

3.7.3.4 COMPACTAÇÃO DA MISTURA

A rolagem tem início logo após a distribuição do concreto asfáltico. A prática de compactação de misturas asfálticas densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolos pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico liso tipo tandem; de acordo com as seguintes premissas:

- a) Inicia-se a rolagem com uma passada com rolo liso;
- b) Logo após, a passada com rolo liso, inicia-se a rolagem com uma passada do rolo pneumático atuando com baixa pressão;
- c) À medida que a mistura for sendo compactada e houver consequente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas com rolo pneumático, com incremento gradual de pressão;
- d) O acabamento da superfície e correção das marcas dos pneus deve ser feito com rolo tandem sem vibrar;
- e) A compactação deve ser iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista;
- f) Cada passada de rolo deve ser recoberta na seguinte, em 1/3 da largura do rolo;
- g) Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado, ainda quente;
- h) As rodas dos rolos devem ser ligeiramente umedecidas para evitar aderência da mistura; nos rolos pneumáticos, devem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões transportadores, nos rolos metálicos lisos, se for utilizada água, esta deve ser pulverizada.

3.7.3.5 EXECUÇÃO DE JUNTAS

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar condições de acabamento adequadas, de modo que não sejam percebidas irregularidades nas emendas.

Deve-se realizar a compactação da junta transversal com o rolo perpendicular ao eixo da via, com 1/3 do rolo sobre o pano já compactado e os outros 2/3 sobre a massa recém-aplicada.

3.7.3.6 ABERTURA AO TRÁFEGO

A camada de concreto asfáltico recém - acabada deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

3.7.4 ITENS DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS

O quadro 3.5 apresenta a forma utilizada na especificação técnica DER/SP (2005c) para realização de aplicação de mistura asfáltica.

Quadro 3.5 – Verificação da aplicação de mistura asfáltica

ITEM DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	RECOMENDAÇÕES
Controle de Aplicação da Mistura Asfáltica		
Verificar a temperatura da massa ao chegar à pista, medida imediatamente antes da aplicação (termômetro bimetálico com precisão de 5°C).	Poderá variar $\pm 5^{\circ}\text{C}$ da indicada para o início da rolagem	De todo caminhão que chegar à pista
Quantidade de ligante e granulometria da mistura		
Extração de ligante	$\pm 0,3$ do teor ótimo de projeto	2 extrações por jornada de 8h
Análise granulométrica 1000g de material	Aceita quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho definida a partir da curva de projeto	2 ensaios por jornada de trabalho de 8h
Deflexões		
Determinação deflectométrica D0 e D 25 (Viga Benkelman)	A deflexão característica de cada sub - trecho deve ser estabelecida em projeto	A cada 20m por faixa alternada, a cada 40m na mesma faixa determinar D20; A cada 80m Determinar D25.

Fonte: Adaptado de DER/SP (2005c)

Para plotar a linha elástica da deflexão se utiliza o processo de leituras intermediárias de deflexão (L_n), entre as leituras inicial (L_0) e final (L_f), deslocando o ponto de aplicação da carga através do avanço do caminhão de prova a baixa velocidade para proporcionar tais leituras. Os significados das leituras contidas no quadro 3.5 são:

D0 = Deflexão inicial, no ponto de aplicação da carga, com o caminhão parado nessa posição;

D₂₅ = Deflexão a 25 centímetros do ponto de aplicação da carga.

3.8 APLICAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE

O controle tecnológico é utilizado como ferramenta para verificar as conformidades dos processos especificados no plano de qualidade para que seja possível aplicar os conceitos de Gestão da Qualidade para a obra.

Como a obra na qual foi realizado o estudo de caso encontrava-se em sua fase inicial na data da pesquisa, foi possível realizar ensaios no laboratório instalado na obra e também ensaios de campo com a finalidade de verificar o atendimento às especificações de projeto relativas aos serviços de Melhoria e Preparo do Subleito e Sub-base.

3.8.1 PARÂMETROS DO PROJETO

Através do estudo de tráfego foi definido em projeto o número $N = 1,26E+06$, que corresponde ao número de passadas do eixo padrão de 8,2 toneladas de forma acumulada no período de projeto, os cálculos realizados pelo projetista fornecem os seguintes parâmetros para a obra:

- A deflexão admissível para o revestimento de CBUQ é de 61 mm /100
- O CBR de projeto é de 8%
- Para o serviço de Melhoria e Preparo do subleito em corte deve ser feito rebaixo de 0,40m.

A partir dos dados de deflexão admissível do revestimento de CBUQ, os engenheiros da obra utilizaram a fórmula para o cálculo das deflexões admissíveis nas demais camadas do pavimento conforme a norma (DNER, 1979).

Os resultados obtidos foram:

- Base: 80 mm /100;
- Sub – base: 125 mm /100;
- Subleito: 190 mm /100.

3.8.2 CONTROLE TECNOLÓGICO

Logo após o final da fase de terraplenagem iniciou-se o serviço de melhoria e preparo do subleito com rebaixo de 0,40m conforme estabelecido em projeto, mas ao realizar o ensaio de deflexão, verificou - se que a deflexão medida em campo foi superior à estabelecida, devido à existência de solo A2 - 4, material arenoso pouco compacto abaixo da camada compactada, então foi decidido realizar um rebaixamento de 0,60m, com compactação do fundo e das camadas seguintes até atingir a cota do greide visando atingir a qualidade desejada. Esta verificação e ação configuram - se a aplicabilidade do ciclo PDCA à obra.

A figura 3.5 apresenta o ensaio da Viga Benkelman realizado na obra SP - 105.



Figura 3.5 – Ensaio com a Viga Benkelman
Fonte: PRÓPRIA (2013)

A seguir o resultado do ensaio de deflexão com a Viga Benkelman, conforme o método DNER (1994), realizado no subleito. Como se pode ver no quadro 3.6, com o rebaixamento de 0,60m foi possível manter a deflexão abaixo da deflexão admissível estabelecida para o subleito.

Quadro 3.6 – Ensaio de Deflexão do subleito

						DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES PELA VIGA BENKELMAN - DNER- ME-024-94			1			
									25/04/13			
Estrada:	SP-105					Material:	Solo			Classif.:		
Trecho:	Serra Negra - Amparo					Camada:	Subleito			Furo:		
Sub-Trecho:						Jazida:				Profund.:		
Estaca:						49 a 57						
IDENTIFICAÇÃO												
ISC		Constante da Viga		1,969		Lo		200 mm/100		L. Deflexão - DER		190 mm/100
ENSAIO DET. DO ISC Nº		Esp. da Cam. Asfáltica				Temperatura		25 °C		L. Deflexão -		190 mm/100
LEVANTAMENTO												
Ensaio	Estaca	Pista/Sentido	Faixa	Lado Externo				Lado Interno				
				Lf	Do	L25	R	Lf	Do	L25	R	
1	49	ESQUERDO	—	159 mm/100	81 mm/100		-	157 mm/100	85 mm/100		-	
2	50	ESQUERDO	—	155 mm/100	89 mm/100		-	128 mm/100	142 mm/100		-	
3	51	ESQUERDO	—	179 mm/100	41 mm/100		-	140 mm/100	118 mm/100		-	
4	52	ESQUERDO	—	142 mm/100	114 mm/100		-	104 mm/100	189 mm/100		-	
5	53	ESQUERDO	—	138 mm/100	122 mm/100		-	104 mm/100	189 mm/100		-	
6	54	ESQUERDO	—	157 mm/100	85 mm/100		-	119 mm/100	159 mm/100		-	
7	55	ESQUERDO	—	160 mm/100	79 mm/100		-	134 mm/100	130 mm/100		-	
8	56	ESQUERDO	—	141 mm/100	116 mm/100		-	135 mm/100	128 mm/100		-	
9	57	ESQUERDO	—	160 mm/100	79 mm/100		-	160 mm/100	79 mm/100		-	

Fonte: PRÓPRIA (2013)

Apresenta – se a seguir a verificação de resultado do ensaio de deflexão com a Viga Benkelman conforme o método DNER (1994), realizado na sub-base conforme o quadro 3.7, o qual mostrou uma deflexão abaixo da admissível para a sub-base, atendendo assim a especificação de projeto.

Quadro 3.7 – Ensaio de Deflexão da sub – base

Estrada:	SP-105					Material:	PEDRA 4"			Classif.:		
Trecho:	Serra Negra - Amparo					Camada:	Sub-base			Furo:		
Sub-Trecho:						Jazida:				Profund.:		
Estaca:						58 a 63						
IDENTIFICAÇÃO												
ISC		Constante da Viga		1,969		Lo		200 mm/100		L. Deflexão - DER		125 mm/100
ENSAIO DET. DO ISC Nº		Esp. da Cam. Asfáltica				Temperatura		25 °C		L. Deflexão -		125 mm/100
LEVANTAMENTO												
Ensaio	Estaca	Pista/Sentido	Faixa	Lado Externo				Lado Interno				
				Lf	Do	L25	R	Lf	Do	L25	R	
1	49+10	ESQUERDO	—	169 mm/100	61 mm/100		-	159 mm/100	81 mm/100		-	
2	50	ESQUERDO	—	165 mm/100	69 mm/100		-	146 mm/100	106 mm/100		-	
3	51	ESQUERDO	—	169 mm/100	61 mm/100		-	145 mm/100	108 mm/100		-	
4	52	ESQUERDO	—	158 mm/100	83 mm/100		-	155 mm/100	89 mm/100		-	
5	53	ESQUERDO	—	153 mm/100	93 mm/100		-	152 mm/100	95 mm/100		-	
6	54	ESQUERDO	—	155 mm/100	89 mm/100		-	154 mm/100	91 mm/100		-	
7	55	ESQUERDO	—	170 mm/100	59 mm/100		-	153 mm/100	93 mm/100		-	
8	56	ESQUERDO	—	150 mm/100	98 mm/100		-	143 mm/100	112 mm/100		-	
9	57	ESQUERDO	—	179 mm/100	41 mm/100		-	159 mm/100	81 mm/100		-	

Fonte: PRÓPRIA (2013)

3.9 SUPERVISÃO DE OBRA RODOVIÁRIA

A qualidade de uma obra rodoviária também depende da capacidade técnica de fiscalização e orientação por parte dos profissionais da empresa responsável pela supervisão técnica e administrativa, tanto nos processos construtivos e materiais quanto nos prazos.

3.9.1 FISCALIZAÇÃO ADMINISTRATIVA

Parte do trabalho de supervisão é o acompanhamento das medições conforme os critérios de medição estabelecidos em contrato, outra parte refere-se ao acompanhamento do **cronograma** físico-financeiro, que é a comparação do serviço planejado e o executado.

Para que seja realizada a fiscalização administrativa devem-se verificar os seguintes itens:

- a) Cronograma Físico;
- b) Cronograma Financeiro;
- c) Plano de Ataque;
- d) Plano de Controle de Obras (Plano da Qualidade);

No plano de ataque são definidas as principais etapas para o devido andamento da obra, as quais são:

- a) Premissas básicas;
- b) Definição das prioridades;
- c) Cronologia das atividades;
- d) Providências iniciais;
- e) Plano inicial de compras;
- f) Planejamento de equipamentos;
- g) Definição de equipes operacionais.

3.9.2 FISCALIZAÇÃO TÉCNICA DE UMA OBRA RODOVIÁRIA

A seguir serão apresentados alguns aspectos que devem ser observados na supervisão em obras de pavimentação, com base nas especificações técnicas do DER/SP, DNIT e dados coletados de profissionais com ampla experiência no setor da construção rodoviária.

3.9.2.1 PRINCIPAIS INIMIGOS DO PAVIMENTO

De acordo com a pesquisa realizada na obra, existem diversos fatores que afetam diretamente a qualidade do pavimento e diminui sua durabilidade para qual foi projetado, tais fatores podem ser destacados assim:

- 1º A água, quer seja ela subterrânea ou de chuva, sempre será capaz de causar dano ao pavimento, a não ser que seja realizada a captação e o caminhamento ideal, através de drenos, canaletas, e outros.
- 2º Derivados de petróleo, tais como óleo, graxa, gasolina, solvente, ácido, e outros.
- 3º Excesso de carga, causado por transportes inadequados.
- 4º Excesso de temperatura, causado por fogo em acidentes.
- 5º Mau uso por parte do cidadão, quando utiliza equipamento que quebre, fure ou destrói.
- 6º Má conservação com a progressão dos buracos.

3.9.2.2 MELHORIA E PREPARO DO SUBLEITO

Além dos procedimentos citados no plano de qualidade, o DER/SP (2005) especifica sobre as condições que devem ser verificadas no preparo do subleito:

- Alinhamento (dos *off sets* de estaca a estaca);
- Nivelamento (de -2 cm a +1 cm da cota de projeto);
- Declividades (menor ou igual à de projeto);
- Larguras, comprimento, espessuras (até 10% tolerável);
- Superelevações (só a de projeto).

Pedras, raízes, materiais orgânicos ou estranhos deverão ser retirados da camada. Após o espalhamento, homogeneização e conformação inicia-se a compactação.

O que fiscalizar

- As condições geométricas da camada (cotas, nivelamento e alinhamento), tem a finalidade de garantir a execução da camada conforme foi projetada;
- A compactação da camada (umidade, grau de compactação e equipamentos), para que o material tenha o suporte adequado;
- O material da camada (limpo homogêneo, sem contaminação, a umidade, o teor de cimento), para garantir uniformidade na compactação;

- O acabamento da camada (uniformidade, sem depressão/ondulação, sem material solto), para uma correta adesão entre as camadas;
- Deflexões Viga Benkelman (toda camada executada deverá ter sua deflexão medida), tem a finalidade de garantir que o pavimento suportará as solicitações de cargas oriundas do tráfego para o período projetado;

3.9.2.3 BASE DE BGS

Na execução do serviço além dos itens descritos no plano da qualidade devem ser observados os seguintes:

- Cadastrar local aplicado (estaca/ pista/ lado direito ou esquerdo) associado à data de execução;
- Acabamento: Livre de materiais soltos, limpezas (retirada de sobra de materiais);
- Geométrico: Controle da espessura da BGS aplicada a cada 20 metros.

3.9.2.4 IMPRIMAÇÃO IMPERMEABILIZANTE

A especificação DER/SP (2005d) estabelece alguns princípios para a execução da imprimação impermeabilizante, os quais se executados corretamente evitam a infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento, aumentando sua durabilidade.

A pista a ser imprimada deverá estar umedecida, à temperatura ambiente acima de 10°C, não estar sob o risco de chuvas, e trecho totalmente livre para que se obtenha uniformidade na aplicação.

A taxa de aplicação do CM-30 varia de 0,7L/m² a 1,5 L/m² conforme o experimento do laboratório feito com antecedência. A cura da pintura impermeabilizante é de 72 horas, tempo suficiente para penetração e cura perfeita, não se deve permitir o tráfego sobre a superfície imprimada.

3.9.2.5 IMPRIMAÇÃO LIGANTE

Segundo a especificação DER/SP (2005e) existem alguns princípios para a utilização de imprimação betuminosa ligante, dentre os quais destacam - se:

A pintura de ligação é executada com emulsão catiônica asfáltica de ruptura rápida, RR-1C e RR-2C, pode ser pintura de cura ou auxiliar de ligação em pavimentos. Para cada 100 toneladas de emulsão efetuar 1 ensaio de sedimentação.

A pintura ligante é feita com espargidor de asfalto tal como na pintura impermeabilizante.

3.9.2.6 EXECUÇÃO DE PMQ

Além dos procedimentos previstos no plano de qualidade, existem alguns aspectos que devem ser observados durante a execução do Pré - Misturado a Quente (PMQ), os quais garantem a correta aplicação do concreto asfáltico, melhor desempenho e durabilidade.

- As juntas transversais nunca poderão ser coincidentes por faixa de aplicação
- As emendas sempre deverão ser recortadas no início de cada faixa
- Ao término de cada faixa de aplicação, recortar transversalmente o topo da camada aplicada no ponto onde ela permaneça uniforme, limpar a frente da pista, colocar uma camada fina de areia em todo o topo do corte, numa largura ± 30 cm, e completar com massa asfáltica renivelando a pista, para completar a compactação.

A compactação do PMQ é feita com dois tipos de rolos, o rolo pneumático de pressão variável e o rolo liso vibratório.

Sabe - se que a compactação do rolo de pneu se dá de baixo para cima, motivo pelo qual ele entra primeiro na compactação da massa asfáltica, imediatamente após a sua aplicação. Inicia - se com uma pressão entre 60 e 80 libras e termina com 100 a 130 libras, conforme testes experimentais executados anteriormente. A compactação da mistura asfáltica é terminada com rolo liso vibratório com amplitude variável, adequada à espessura da camada, de maneira a deixar a superfície bem acabada, conformada e perfeitamente lisa.

4 CONCLUSÃO

Visando o sucesso na implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade, é fundamental o envolvimento de todos os colaboradores em produzir produtos e serviços de acordo com as necessidades e expectativas do cliente, sendo que a empresa necessariamente precisa estar totalmente comprometida, desde os quadros mais elevados da organização até seus colaboradores operacionais, em alcançar os padrões e as métricas de qualidade previamente estabelecidas.

Devido à característica única da obra rodoviária, cada processo deve ser descrito de forma a atender às especificações técnicas estabelecidas em projeto e pelo cliente.

Portanto para que a implantação de um SGQ se concretize, é necessário que as documentações dos procedimentos estejam disponíveis a todos os colaboradores que precisarem, que sejam amplamente divulgados e que os documentos relacionados à inspeção e verificação dos serviços sejam devidamente utilizados para a realização da melhoria contínua.

O tema Gestão da Qualidade é muito amplo e existe pouco material de pesquisa voltado ao setor rodoviário, sendo que o sucesso de um SGQ deve-se, em parte, à sua aplicabilidade. Como sugestão para uma futura pesquisa, que sejam elaboradas Diretrizes de Gestão para Aplicação do Plano de Qualidade em obras rodoviárias.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR ISO 8402 – Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR ISO 9000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro, 2005. 26 p.

_____. **NBR ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2008. 28 p.

_____. **NBR ISO 9004 – Gestão para o Sucesso Sustentável de uma Organização – Uma abordagem da gestão da qualidade**. Rio de Janeiro, 2010.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa rodoviária 2007**. [S.l.], 2007. Disponível em:
<<http://www.sistamacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2007/>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa rodoviária 2010**. [S.l.], 2010.
<<http://www.sistamacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2010/>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ET-DE-P00/027 – Concreto asfáltico**. São Paulo, 2005c.

_____. **ET-DE-P00/001 – Melhoria e preparo do subleito**. São Paulo, 2005a.

_____. **ET-DE-P00/008 – Sub-base ou base de brita graduada**. São Paulo, 2005b.

_____. **ET-DE-P00/019 – Imprimação betuminosa impermeabilizante**. São Paulo, 2005d.

_____. **ET-DE-P00/020 – Imprimação betuminosa ligante**. São Paulo, 2005e.

_____. **Projeto executivo de pavimentação – Seções tipo de pavimentos**. São Paulo, 2011.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 024/94 – **Determinação das deflexões pela viga Benkelman**. Rio de Janeiro, 1994.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER – PRO 011/79 – **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1979.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gestão da Qualidade em empreendimentos rodoviários**. Rio de Janeiro, 2006.

GOOGLE MAPS. **Trecho de ligação Serra Negra a Amparo**. [S.l.]: [20--]. 1 mapa. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 27 maio. 2013.

HARGREAVES, Lourdes. **Qualidade em prestação de serviços**. 2. ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2001.

JURAN, J. M.; GRINA, F. M. **Controle da Qualidade: Componentes básicos da função qualidade**. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill/Makron Books, 1991. v. 2.

MESEGUER, Á. G. **Controle e garantia da qualidade**. São Paulo: Sinduscom-SP/Projeto, 1991.

O' NEILL, Jim A. **Building Better Global Economic BRICS**. 2001. Disponível em: <<http://www.goldmansachs.com/our-thinking/archive/building-better.html>>: Acesso em: 18 jun. 2013.

ONU – HABITAT. **Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe**. Kenia: ONU, 2012. Disponível em: <http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=362&Itemid=18>. Acesso em: 23 maio 2013.

SOUZA, R. de; ABIKO, A. **Metodologia para o desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão de qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo: EPUSP, 1997. 52 p.