

PAULO SERGIO PETERLINI

# CONTROLE DA QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS



# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	PRECEITOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À QUALIDADE.....	31
2.1	Metodologia DNER – PRO 277/1997.....	31
2.2	Definições básicas .....	31
2.3	Resumo das metodologias.....	32
2.3.1	Metodologia antiga.....	32
2.3.2	Metodologia nova.....	33
2.3.3	Tabela aplicativa.....	34
3	GARANTIA DA QUALIDADE .....	35
3.1	Introdução.....	35
3.2	Definições.....	36
3.3	Problemas de qualidade nos pavimentos .....	40
3.4	Processo de garantia da qualidade .....	41
3.5	Benefícios do planejamento e implementação da garantia da qualidade.....	42
3.6	Tipos de especificações.....	43
3.6.1	Especificações tradicionais .....	44
3.6.2	Especificações de garantia da qualidade.....	44
3.6.3	Especificações baseadas em técnicas estatísticas .....	44
4	ATIVIDADES DE CONTROLE DA QUALIDADE .....	47
4.1	Introdução.....	47
4.2	Itens do pavimento que requerem controle da qualidade.....	49
4.2.1	Aterro e subleito.....	49
4.2.2	Sub-bases e bases .....	49
4.2.3	Revestimentos .....	50
4.2.4	Dispositivos de drenagem .....	51
4.2.5	Segurança viária .....	51
4.3	Inspeção.....	52
4.3.1	Frequência das inspeções.....	52
4.3.2	Documentação das inspeções .....	53
4.3.3	Amostragem e ensaios de campo e de laboratório.....	53
4.3.4	Frequência de amostragem .....	55
4.3.4.1	Fatores que afetam a frequência de amostragem .....	55
4.3.5	Relação entre amostragem e inspeções de campo.....	55
4.4	Descrição dos ensaios mais utilizados em obras rodoviárias.....	57
4.4.1	Ensaio de consistência ou caracterização dos solos .....	57
4.4.1.1	Limite de liquidez .....	57
4.4.1.2	Limite de plasticidade .....	59
4.4.2	Ensaio de compactação .....	61
4.4.2.1	Energia de compactação .....	63
4.4.3	Ensaio do Índice de Suporte Califórnia .....	64
4.4.3.1	O incrível Dr. Porter e o maravilhoso ensaio CBR .....	67
4.4.4	Ensaio de granulometria de solos por peneiramento .....	89
4.4.5	Ensaio de granulometria por peneiramento do agregado .....	91

4.4.6	Ensaio de desgaste por abrasão do agregado .....	94
4.4.7	Ensaio de durabilidade de agregado .....	95
4.4.8	Ensaio de adesividade de agregado .....	96
4.4.9	Ensaio de equivalente de areia de agregado .....	97
4.4.10	Ensaio do índice de forma de agregado .....	98
4.4.11	Ensaio da resistência à tração por compressão diametral .....	99
4.4.12	Ensaio do dano por umidade induzida .....	103
4.4.13	Ensaio de estabilidade e fluência Marshall .....	105
4.4.14	Dosagem Marshall .....	106
4.4.14.1	Composição percentual da mistura de agregados + filler .....	107
4.4.14.2	Análise granulométrica dos agregados + filler .....	107
4.4.14.3	Composição percentual da mistura .....	107
4.4.14.4	Faixa de trabalho .....	107
4.4.14.5	Determinação das massas específicas .....	108
4.4.14.6	Fracionamento da mistura de agregados + filler .....	109
4.4.14.7	Determinação das densidades medias das misturas de agregados + filler .....	109
4.4.14.8	Densidade teórica .....	110
4.4.14.9	Determinações do teor ótimo de CAP .....	110
4.4.14.10	Preparo das misturas .....	111
4.4.14.11	Compactação dos corpos de prova .....	112
4.4.14.12	Definição dos materiais constituintes num corpo de prova .....	112
4.4.14.13	Densidade aparente .....	113
4.4.14.14	Estabilidade Marshall .....	114
4.4.14.15	Volume de vazios .....	114
4.4.14.16	Vazios do agregado mineral .....	115
4.4.14.17	Relação betume-vazios .....	117
4.4.14.18	Cálculo do teor ótimo de ligante .....	117
4.4.15	Ensaio de extração das misturas asfálticas .....	118
4.4.16	Alguns ensaios de campo .....	119
4.4.16.1	Ensaio do frasco de areia .....	119
4.4.16.2	Ensaio com sondas rotativas .....	120
5	CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE .....	123
5.1	Introdução .....	123
5.2	Planos de amostragem .....	123
5.3	Revisão dos conceitos fundamentais da estatística .....	124
5.3.1	Universo .....	125
5.3.2	População .....	125
5.3.3	Unidades de ensaio ou unidades de amostragem .....	125
5.3.4	Amostragem aleatória .....	125
5.3.5	Média aritmética .....	125
5.3.6	Desvio-padrão .....	126
5.3.6.1	Desvio-padrão amostral ( $S^2$ ) .....	126
5.3.7	Variância .....	126
5.3.8	Coefficiente de variação .....	126
5.3.9	Distribuição normal .....	126
5.3.9.1	Exemplo de utilização da tabela da curva normal .....	127
5.4	Metodologia atual aplicada .....	129

5.4.1 Amostra.....	129
5.4.2 Plano de amostragem .....	129
5.4.3 Risco.....	130
5.4.4 Defeito .....	130
5.4.5 Técnicas de inspeção .....	131
5.4.6 Condições específicas.....	131
5.4.7 Plano de amostragem .....	132
5.4.7.1 Inspeção .....	133
5.4.7.2 Tabela aplicativa.....	133
6 CONTROLE DOS PRINCIPAIS SERVIÇOS .....	135
6.1 Terraplenagem .....	135
6.1.1 Serviços preliminares.....	135
6.1.1.1 Condições gerais.....	136
6.1.1.2 Materiais .....	136
6.1.1.3 Execução.....	136
6.1.1.4 Inspeções .....	138
6.1.1.5 Controle da execução.....	138
6.1.1.6 Verificação do produto .....	139
6.1.1.7 Condições de conformidade e não-conformidade .....	139
6.1.2 Cortes .....	139
6.1.2.1 Materiais .....	142
6.1.2.2 Execução .....	142
6.1.2.3 Controle dos insumos.....	143
6.1.2.4 Controle de execução.....	143
6.1.2.5 Controle do produto .....	144
6.1.2.6 Condições de conformidade e não-conformidade .....	144
6.1.3 Aterros .....	145
6.1.3.1 Condições específicas .....	145
6.1.3.2 Controle dos insumos.....	146
6.1.3.3 Controle da execução.....	147
6.1.3.4 Verificação do produto .....	147
6.2 Drenagem.....	150
6.2.1 Drenos subterrâneos .....	150
6.2.1.1 Drenos cegos.....	150
6.2.1.2 Materiais .....	150
6.2.1.3 Controle de produção .....	152
6.2.1.4 Verificação do produto .....	152
6.2.1.5 Condições de conformidade e não-conformidade .....	153
6.2.2 Drenos sub-superficiais .....	154
6.2.3 Drenos sub-horizontais .....	154
6.2.4 Sarjetas e valetas .....	154
6.2.4.1 Recomendações .....	155
6.2.4.2 Controle dos insumos.....	156
6.2.4.3 Verificação do produto .....	156
6.2.4.4 Condições de conformidade e não conformidade .....	157
6.2.4.4 ABNT NBR 12655:2022 .....	158
6.2.4.5 Exemplo de planilha de cálculo.....	160
6.2.5 Transposição de sarjetas e valetas .....	162
6.2.5.1 Transposição com tubos de concreto.....	162

6.2.5.2	Transposição com laje de concreto armado.....	162
6.2.5.3	Materiais .....	162
6.2.5.4	Execução .....	162
6.2.5.5	Controle dos insumos.....	163
6.2.5.6	Verificação do produto .....	163
6.2.5.7	Condições de conformidade e não conformidade.....	163
6.2.6	Meios-fios e guias .....	165
6.2.6.1	Materiais .....	165
6.2.6.2	Execução .....	165
6.2.6.3	Controle dos insumos.....	165
6.2.6.4	Verificação do produto .....	166
6.2.6.5	Condições de conformidade e não conformidade.....	166
6.2.7	Entradas e descidas d'água .....	168
6.2.7.1	Materiais .....	168
6.2.7.2	Execução .....	168
6.2.7.3	Controle dos insumos.....	168
6.2.7.4	Verificação do produto .....	169
6.2.7.5	Condições de conformidade e não conformidade.....	169
6.2.8	Dissipadores de energia .....	170
6.2.8.1	Materiais .....	171
6.2.8.2	Execução.....	171
6.2.8.3	Controle dos insumos.....	171
6.2.8.4	Verificação do produto .....	172
6.2.8.5	Condições de conformidade e não conformidade.....	172
6.2.9	Bueiros tubulares de concreto .....	173
6.2.9.1	Condições gerais.....	173
6.2.9.2	Materiais .....	174
6.2.9.3	Execução.....	175
6.2.9.4	Controle dos insumos.....	176
6.2.9.5	Verificação do produto .....	176
6.2.9.6	Condições de conformidade e não conformidade.....	177
6.2.10	Bueiros metálicos sem interrupção de tráfego .....	178
6.2.10.1	Materiais .....	178
6.2.10.2	Controle dos insumos .....	179
6.2.10.3	Condições de conformidade e não conformidade .....	180
6.2.11	Bueiros celulares de concreto .....	181
6.2.11.1	Condições gerais.....	181
6.2.11.2	Materiais .....	182
6.2.11.3	Controle dos insumos .....	182
6.2.11.4	Controle da produção .....	183
6.2.11.5	Verificação do produto.....	183
6.2.11.6	Condições de conformidade e não conformidade .....	183
6.2.12	Caixa coletoras .....	184
6.2.12.1	Condições gerais.....	185
6.2.12.2	Materiais .....	185
6.2.12.3	Controle dos insumos .....	186
6.2.12.4	Controle da produção .....	186
6.2.12.5	Verificação do produto.....	186
6.2.12.6	Condições de conformidade e não conformidade .....	187

6.3 Pavimentação flexível – sub-bases e bases.....	188
6.3.1 Regularização do subleito .....	188
6.3.1.1 Condições gerais.....	188
6.3.1.2 Materiais.....	188
6.3.1.3 Controle dos insumos.....	189
6.3.1.4 Controle da execução .....	189
6.3.1.5 Verificação do produto .....	190
6.3.1.6 Plano de amostragem .....	190
6.3.1.7 Condições de conformidade e não conformidade.....	191
6.3.2 Reforço do subleito .....	192
6.3.2.1 Materiais .....	192
6.3.2.2 Controle dos insumos .....	193
6.3.2.3 Controle da execução.....	193
6.3.2.4 Verificação do produto .....	194
6.3.2.5 Plano de amostragem.....	194
6.3.2.6 Condições de conformidade e não-conformidade .....	194
6.3.3 Sub-base estabilizada granulometricamente .....	195
6.3.3.1 Materiais .....	195
6.3.3.2 Controle dos insumos .....	196
6.3.3.3 Controle da execução.....	197
6.3.3.4 Verificação do produto .....	197
6.3.3.5 Plano de amostragem.....	198
6.3.3.6 Condições de conformidade e não-conformidade .....	198
6.3.4 Sub-base de solo melhorado com cimento .....	199
6.3.4.1 Materiais .....	200
6.3.4.2 Mistura do solo com o cimento.....	200
6.3.4.3 Controle dos insumos.....	201
6.3.4.4 Controle da mistura .....	201
6.3.4.5 Controle da execução.....	202
6.3.4.6 Verificação do produto .....	203
6.3.4.7 Plano de amostragem.....	204
6.3.4.8 Condições de conformidade e não conformidade.....	204
6.3.5 Base estabilizada granulometricamente .....	205
6.3.5.1 Materiais .....	206
6.3.5.2 Controle dos materiais.....	207
6.3.5.3 Verificação do produto .....	209
6.3.5.4 Plano de amostragem.....	209
6.3.5.5 Condições de conformidade e não conformidade.....	210
6.3.6 Base de solo melhorado com cimento .....	211
6.3.6.1 Materiais .....	211
6.3.6.2 Mistura do solo com o cimento.....	212
6.3.6.3 Controle dos insumos.....	213
6.3.6.4 Controle da mistura .....	213
6.3.6.5 Controle da execução.....	214
6.3.6.6 Verificação do produto .....	215
6.3.6.7 Plano de amostragem.....	216
6.3.6.8 Condições de conformidade e não-conformidade .....	216
6.3.7 Base de solo-cimento .....	217
6.3.7.1 Materiais .....	218

6.3.7.2	Mistura do solo com o cimento.....	219
6.3.7.3	Controle dos insumos.....	219
6.3.7.4	Controle da mistura.....	219
6.3.7.5	Controle da execução.....	220
6.3.7.6	Verificação do produto.....	222
6.3.7.7	Plano de amostragem.....	222
6.3.7.8	Condições de conformidade e não conformidade.....	222
6.3.8	Macadame hidráulico.....	224
6.2.8.1	Condições gerais.....	224
6.3.8.2	Materiais.....	224
6.3.8.3	Controle dos insumos.....	227
6.3.8.4	Verificação do produto.....	228
6.3.8.5	Plano de amostragem.....	228
6.3.8.6	Condições de conformidade e não conformidade.....	228
6.4	Pavimentação rígida – sub-base e placa.....	232
6.4.1	Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo.....	232
6.4.1.1	Materiais.....	232
6.4.1.2	Controle dos insumos.....	234
6.4.1.3	Controle da execução.....	234
6.4.1.4	Controle do produto.....	235
6.4.1.5	Resistência do concreto.....	236
6.4.1.6	Condição de aceitação.....	237
6.4.1.7	Plano de amostragem.....	238
6.4.1.8	Condições de conformidade e não conformidade.....	238
6.4.2	Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes.....	240
6.4.2.1	Materiais.....	240
6.4.2.2	Controle dos insumos.....	243
6.4.2.3	Controle da execução.....	244
6.4.2.4	Controle do produto.....	244
6.4.2.5	Controle da qualidade.....	246
6.4.2.6	Condições de conformidade e não-conformidade.....	247
6.5	Revestimentos asfálticos.....	248
6.5.1	Imprimação com ligante asfáltico.....	248
6.5.1.1	Condições gerais.....	248
6.5.1.2	Materiais.....	249
6.5.1.3	Controle dos insumos.....	249
6.5.1.4	Controle da execução.....	250
6.5.1.5	Verificação do produto.....	251
6.5.1.6	Plano de amostragem.....	251
6.5.1.7	Condições de conformidade e de não-conformidade.....	251
6.5.2	Pintura de ligação com ligante asfáltico.....	253
6.5.2.1	Condições gerais.....	253
6.5.2.2	Materiais.....	254
6.5.2.3	Controle dos insumos.....	254
6.5.2.4	Controle da execução.....	255
6.5.2.5	Verificação do produto.....	255
6.5.2.6	Plano de amostragem.....	255
6.5.2.7	Condições de conformidade e de não-conformidade.....	256

6.5.3 Tratamento superficial simples .....	257
6.5.3.1 Condições gerais.....	257
6.5.3.2 Materiais .....	258
6.5.3.3 Controle dos insumos.....	259
6.5.3.4 Controle da execução.....	261
6.5.3.5 Verificação do produto .....	262
6.5.3.6 Plano de amostragem.....	262
6.5.3.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	263
6.5.4 Tratamento superficial duplo .....	264
6.5.4.1 Condições gerais.....	265
6.5.4.2 Materiais .....	265
6.5.4.3 Controle dos insumos.....	267
6.5.4.4 Controle da execução.....	268
6.5.4.5 Verificação do produto .....	270
6.5.4.6 Plano de amostragem.....	270
6.5.4.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	270
6.5.5 Tratamento superficial triplo .....	274
6.5.5.1 Condições gerais.....	274
6.5.5.2 Materiais .....	275
6.5.5.3 Controle dos insumos.....	277
6.5.5.4 Controle da execução.....	278
6.5.5.5 Verificação do produto .....	279
6.5.5.6 Plano de amostragem.....	280
6.5.5.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	280
6.5.6 Macadame betuminoso com ligante asfáltico convencional por penetração .....	281
6.5.6.1 Condições gerais.....	282
6.5.6.2 Materiais .....	282
6.5.6.3 Controle dos insumos.....	284
6.5.6.4 Controle da execução.....	286
6.5.6.5 Verificação do produto .....	286
6.5.6.6 Plano de amostragem.....	287
6.5.6.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	287
6.5.7 Lama asfáltica .....	290
6.5.7.1 Condições gerais.....	290
6.5.7.2 Materiais .....	291
6.5.7.3 Controle dos insumos.....	292
6.5.7.4 Controle da execução.....	293
6.5.7.5 Verificação do produto .....	293
6.5.7.6 Plano de amostragem.....	294
6.5.7.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	294
6.5.8 Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional .....	296
6.5.8.1 Condições gerais.....	296
6.5.8.2 Materiais .....	296
6.5.8.3 Controle dos insumos.....	298
6.5.8.4 Controle da execução.....	299
6.5.8.5 Verificação do produto .....	300
6.5.8.6 Plano de amostragem.....	301
6.5.8.7 Condições de conformidade e de não-conformidade .....	301

6.5.9	Areia-asfalto a quente .....	303
6.5.9.1	Condições gerais .....	303
6.5.9.2	Materiais .....	304
6.5.9.3	Controle dos insumos.....	306
6.5.9.4	Controle da execução.....	306
6.5.9.5	Verificação do produto .....	307
6.5.9.6	Plano de amostragem.....	308
6.5.9.7	Condições de conformidade e de não-conformidade .....	308
6.5.10	Microrrevestimento asfáltico .....	310
6.5.10.1	Condições gerais.....	310
6.5.10.2	Materiais .....	310
6.5.10.3	Controle dos insumos.....	313
6.5.10.4	Controle da execução.....	313
6.5.10.5	Verificação do produto.....	314
6.5.10.6	Plano de amostragem .....	314
6.5.10.7	Condições de conformidade e de não-conformidade .....	314
6.5.11	Concreto asfáltico .....	316
6.5.11.1	Materiais .....	316
6.5.11.2	Controle dos insumos.....	322
6.5.11.3	Controle da execução.....	325
6.5.11.4	Verificação do produto .....	326
6.5.11.5	Plano de amostragem .....	327
6.5.11.6	Condições de conformidade e não-conformidade .....	328
7	EXEMPLOS PRÁTICOS .....	333
7.1	Dadas as planilhas de controles dos serviços de base estabilizada granulometricamente e concreto asfáltico, calcular média, desvio-padrão amostral, $V_{\min}$ , $V_{\max}$ , $X_{\min}$ e $X_{\max}$ verificando se os serviços estão “conformes” ou “não conformes” .....	333
7.1.1	Base estabilizada granulometricamente .....	333
7.1.2	Concreto asfáltico .....	334
7.2	Dadas as planilhas de Tratamento Superficial Duplo, Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico e Concreto Asfáltico, calcular a Verificação da Efetividade da Gestão da Qualidade dentro dos preceitos do procedimento DNIT 011/2004 – PRO.....	335
7.2.1	Tratamento Superficial Duplo.....	335
7.2.2	Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico.....	335
7.2.3	Concreto Asfáltico.....	336
7.2.4	Verificação mensal da efetividade do PGQ.....	337
7.2.5	Resumo da verificação da efetividade do PGQ.....	338
	REFERÊNCIAS .....	339



## INTRODUÇÃO

Após a edição das novas “Especificações Gerais para Obras Rodoviárias” do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1997 encampadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que o substituiu quando foi criado pela Lei nº 10.233 de 05/06/2021, era necessário criar normas que possibilitassem estabelecer claramente a regra no que diz respeito ao papel de cada um no controle de obras e serviços (Contratante, Projetista, Executante e Supervisor) para fazer cumprir o que foi estabelecido na revisão das antigas normas que perduravam desde 1971.

Foram criados assim documentos que balizam toda a atividade do controle da qualidade nas obras e serviços em vigor atualmente no DNIT. A primeira e mais importante, criada como o nome inicial de DNER PRO-407/2001, vige atualmente com o nome de DNIT 11/2004 – PRO denominada “Gestão da Qualidade em Obras Rodoviárias” que está de acordo com os princípios da Organização Internacional de Padronização (ISO) e com as mais recentes tendências no campo da gestão da qualidade no Brasil. Muito provavelmente no âmbito de órgãos rodoviários no país, trata-se de um documento pioneiro. Como primeiro documento técnico aprovado para tratar e cuidar da gestão da qualidade, pode perfeitamente orientar outras instituições rodoviárias envolvidas com a questão, hoje bastante relevante em praticamente qualquer atividade executiva. Ela consolida e transforma as diretrizes na gestão de obras rodoviárias em norma técnica formal, já que a necessidade dessa normalização se deve não só a crescente importância do fator qualidade em todos os setores, mas também à maciça participação da iniciativa privada na construção e operação rodoviária no Brasil. Por fim define conceitos da qualidade e fixa diretrizes para incorporação de procedimentos e técnicas exigíveis no planejamento, na implantação e na implementação da gestão de qualidade em obras rodoviárias em geral. Fornece também meios de verificação da capacidade de determinado sistema para realizar os objetivos da qualidade.

A segunda, DNIT 012/2004 – PRO com o nome de “Requisitos para a Qualidade em Projetos Rodoviários” define as diretrizes e os critérios para a qualidade nos serviços e no desenvolvimento de projetos rodoviários, tanto no planejamento quanto na implementação de “Sistema de Gestão da Qualidade” por parte das empresas responsáveis.

A terceira, DNIT 013/2004 – PRO com o nome de “Requisitos para a Qualidade em Obras Rodoviárias” define as diretrizes e os critérios para a qualidade nos serviços de execução de obras rodoviárias, tanto no planejamento quanto na implementação e verificação de um “Sistema de Gestão da Qualidade” por parte das empresas responsáveis.

A quarta e última, DNIT 014/2004 – PRO com o nome de “Requisitos para a Qualidade em Supervisão de Obras Rodoviárias” define as diretrizes e os critérios para a qualidade nos serviços de supervisão de obras rodoviárias, tanto no planejamento quanto na implementação e verificação de um “Sistema de Gestão da Qualidade” por parte das empresas responsáveis.

Por ser a de mais interesse na presente publicação segue transcrito o procedimento DNIT 011/2004 – PRO.



## PRECEITOS ESTATÍSTICOS APLICADOS À QUALIDADE

### 2.1 Metodologia DNER - PRO 277/1997

A metodologia em questão denominada de “Controle Estatístico de Obras e Serviços” do antigo DNER e encampada pelo DNIT, mas mantendo o mesmo nome e número, fez com que novos procedimentos fossem incorporados na aplicação de técnicas estatísticas e tiveram como bagagem a longa prática de controle estatístico do antigo órgão rodoviário cujo legado agora é passado às novas gerações de profissionais envolvidos no controle de obras e acima de tudo procurando incorporar conceitos avançados e modernos de testes de hipótese, compatibilizando assim com o que existe em países mais desenvolvidos.

É imprescindível que dentro de um conceito macro de controle de qualidade se leve em conta os preceitos estatísticos aplicados à qualidade nas obras de pavimentação rodoviária.

### 2.2 Definições básicas

1. amostra, número finito de observações selecionadas de um universo ou população de dados;
2. plano de amostragem, critérios utilizados para formação de amostras de um lote;
3. risco, probabilidade de ocorrer falha ou ação externa que determina perda;
4. defeito falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados ou condições estabelecidas em normas técnicas;
5. média aritmética simples, resultado do somatório individual de cada medida dividido pelo número de medidas da série; e

6. desvio-padrão, média quadrática entre os afastamentos contados em relação à média aritmética, sendo que em uma distribuição normal, o desvio-padrão tomado com o duplo sinal ( $\pm 2\sigma$ ) em torno da média aritmética abrange 68,27% das possibilidades de frequência e o triplo do desvio-padrão ( $\pm 3\sigma$ ) compreende praticamente todo o conjunto 99,73% de probabilidades de ocorrência.

Enfim, o principal objetivo da estatística em engenharia é inferir através de unidades de amostragens obtidas aleatoriamente em características de toda uma população de um universo.

## 2.3 Resumo das metodologias

### 2.3.1 Metodologia antiga

Antes da aprovação das novas especificações estavam em vigor as “Instruções para Controle Tecnológico de Serviços de Pavimentação”, aprovadas em 1987 conforme já citado anteriormente, os critérios de aceitação dependiam basicamente das seguintes equações:

$$X_{\max} = \bar{X} + 1,29 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} + 0,68 \cdot \sigma \quad (2.1)$$

$$X_{\min} = \bar{X} - 1,29 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} - 0,68 \cdot \sigma \quad (2.2)$$

onde:

$X_{\max}$  e  $X_{\min}$  – valores máximos e mínimos de aceitação;

$N$  – Número de amostras  $\geq 9$ ;

$\sigma$  – Desvio-padrão da população; e

$Z_1 = 1,29$  representava o erro de amostragem, ou seja, a probabilidade de que 10% dos valores dos ensaios serem incorretos e  $Z_2 = 0,68$  representava o grau de confiança de 25%.



## GARANTIA DA QUALIDADE

### 3.1 Introdução

As deficiências na construção rodoviária são onerosas e inconvenientes para o usuário. A qualidade do trabalho é diretamente relacionada com a vida útil da rodovia, aos custos futuros de conservação, ao nível de serviço e aos custos para os usuários. O princípio de que o fornecimento de rodovias seguras e econômicas é um direito pago pelo contribuinte é a base de um programa de garantia da qualidade.

A obtenção de um nível razoável de garantia da qualidade depende do estabelecimento e verificação dos padrões de projeto e das especificações. O reconhecimento da variabilidade do desempenho do pavimento no controle de qualidade é que ocasionou a incorporação do conceito de confiabilidade nos projetos dos mesmos.

Atualmente os órgãos rodoviários, em todos os níveis de governo, têm recursos cada vez mais limitados para a execução de inspeções, amostragens e ensaios e é por isso muito importante a adoção de programas de garantia da qualidade que devem ser coordenados por uma série de padrões de projetos, planos de trabalho de curto, médio e longo prazo, especificações, regulamentações, manuais de amostragens e ensaios e finalmente padrões de conservação.

A presente publicação visa fornecer informações sobre a importância da qualidade no desempenho de um pavimento rodoviário e, conseqüentemente, no custo para o contribuinte, do ciclo de vida da rodovia. O processo de garantia da qualidade é discutido e algumas tendências atuais são apresentadas.

Os principais objetivos em linha geral são:

1. apresentar os impactos da baixa qualidade do pavimento;
2. diferenciar as expressões controle da qualidade e garantia da qualidade;
3. identificar os fatores que influem na garantia da qualidade;
4. apresentar o processo de garantia da qualidade aos participantes; e

5. conceituar uma especificação de garantia da qualidade e sua importância no processo de garantia da qualidade.

## 3.2 Definições

Uma preocupação constante de quem atua em serviços de engenharia é a qualidade da obra. E como se pode verificar esta qualidade? As respostas poderiam ser através de um controle efetivo durante a fase de execução, ou aguardar o término do período de vida útil do projeto. A segunda hipótese, lógico, não deve ser objeto de nenhuma discussão, pois não se concebe que não se controle uma obra, seja ela qual for.

“Qualidade” tornou-se palavra familiar nos meios de comunicação de massa. Com o processo de globalização por que passa o Brasil é cada vez maior a preocupação com a busca da qualidade tanto por parte dos consumidores, bem como pelas empresas que cada vez mais querem aperfeiçoá-la, visando à conquista de mais mercados.

Embora a construção e conservação de rodovias não estejam submetidas a pressões de competitividade e leis de mercado, existem problemas que obrigam todos os técnicos envolvidos no processo a procurar meios de melhorar a qualidade das suas atividades. Atualmente se constata que alguns fatores estão cada vez mais difíceis de serem gerenciados. Por diversos motivos poderiam ser citar alguns: mudanças rápidas na tecnologia, mercado de trabalho restrito, redução de recursos financeiros, maior controle administrativo tanto nas empresas, assim como nos órgãos rodoviários em geral.

Pode-se definir qualidade no meio rodoviário como sendo um conjunto de características da rodovia que atende ao nível de desempenho inicialmente previsto, em termos de serventia e vida útil. “Qualidade” não significa “perfeição”. Se o objetivo de um concreto asfáltico é suportar um tráfego previsto, com segurança e conforto (serventia) por dez anos (vida útil), então a qualidade se refere às características do tratamento necessário para alcançar este objetivo. O pavimento é dimensionado para suportar uma estimativa de carregamento de tráfego por um determinado período de tempo, sem requerer esforços significativos de conservação e restauração. Se este objetivo for alcançado, diz-se que o pavimento obteve um bom desempenho, atingindo-se assim a qualidade desejada.

Seguem transcrições dos principais termos da área da qualidade, por serem relativamente não muito conhecidos no meio rodoviário:



## ATIVIDADES DE CONTROLE DA QUALIDADE

### 4.1 Introdução

Nos dias atuais, não se admite nenhuma indústria que se preze sem um bom esquema de controle da qualidade. O consumidor cada vez mais exigente e as condições de mercado caracterizam-se por critérios de aceitação cada dia mais rigorosos.

No caso da indústria da construção civil, mais especificamente a rodoviária, a programação de controle da qualidade realmente já começa na fase do projeto final de engenharia. Numa primeira etapa define-se o que se quer fazer (projeto executivo). Numa segunda etapa, as especificações se destinam ao modo como se pode obter o que se quer (notas de serviço, memória do projeto) e finalmente numa terceira etapa (supervisão) aplica-se um sistema que permite analisar e decidir se a obra entregue está realmente de acordo com o projeto de execução (recepção segundo as especificações gerais e particulares). Uma obra terminada nunca estará em cem por cento das verificações que vierem a ser feitas, exatamente conforme o projeto, tanto por causa da variabilidade natural dos materiais, bem como devido às causas aleatórias.

Para determinar se a construção concordou com o projeto final de engenharia, um sistema de inspeção, através de ensaios e de controle tecnológico, se faz necessário sendo que os dados do controle são tratados e organizados para apreciação e interpretação pelo engenheiro. Depois das devidas análises dos dados, determina-se o grau de concordância com as especificações do projeto.

Como exemplo, poderia se definir o controle da qualidade dos serviços de terraplenagem, drenagem, pavimentação e obras complementares na construção de uma obra viária (avenida urbana, rodovia, aeroporto, etc.). Por intermédio de uma série de ensaios de campo e laboratório, podem ser verificadas todas as características do solo da região da construção da estrada, dos materiais de construção disponíveis, dos ligantes asfálticos, dos tratamentos superficiais do concreto asfáltico e também das placas de concreto de cimento

Portland no caso de pavimentos rígidos. Subseqüentemente, com base nos resultados dos ensaios do controle da qualidade, têm-se os dados necessários para determinar se certa parte da obra, ou toda ela, satisfaz às especificações gerais e particulares elaboradas na fase do projeto final de engenharia.

No controle estatístico da qualidade em diversos ramos industriais a literatura técnica sobre o assunto é bastante abrangente e esclarecedora. Numa construção viária o problema é mais relevante tendo em vista as peculiaridades inerentes. Não se podem estabelecer nitidamente os aspectos de “vendedor” e “comprador”, estabelecendo-se riscos, como nos demais ramos industriais. Na grande maioria dos casos o “vendedor” e o “comprador”; empreiteiro e fiscal atuam quase sempre em conjunto na fabricação do produto que será objeto de controle.

A fiscalização tem acesso às fontes de produção e normalmente exige certas normas de trabalho e indica os materiais a serem utilizados dentro das instruções de serviços.

Por outro lado, os produtos da indústria da pavimentação viária são fabricados e recebidos durante um período quase sempre grande, o que vem ditar certas particularidades na amostragem.

Por isso, um aspecto importante a considerar é a fixação dos riscos. Se aceita, dada à natureza dos serviços, correr-se um risco maior do que em outras indústrias.

Em tudo o que se disser adiante, é de se supor sempre que a amostragem foi feita seguindo-se as regras da estatística, isto é, que as amostras são aleatórias e que o processo de fabricação está sob controle ou que os resultados provêm de medidas feitas sob as mesmas condições essenciais e representando um material produzido nessas mesmas condições essenciais.

Na engenharia tudo se resume no dimensionamento de uma estrutura onde se tem de tratar, de um lado, com as tensões unitárias agentes e, de outro, com a resistência do material constituinte da estrutura que é determinada através de ensaios de resistência e/ou de outras características tecnológicas do material. A variabilidade destas características é inerente aos materiais e a experiência tem mostrado que a distribuição de frequência dos valores medidos segue, aproximadamente, a lei normal ou a lei de Gauss.

O projetista tem que fixar valores mínimos e máximos para as características tecnológicas, quando da elaboração de um projeto final de engenharia. O controle da qualidade na execução consiste em fazer respeitar estes valores fixados na fase de projeto.



## CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

### 5.1 Introdução

No controle da qualidade dos serviços de engenharia há necessidade de determinações de valores de aferições que ocorrem de uma maneira geral muito mais dispersos do que nos processos industriais de produção. Até mesmo a determinação de características de certos materiais industrializados que chegam aos canteiros de obras apresenta esta dispersão.

Desta maneira é de fundamental importância a utilização dos cálculos estatísticos, para interpretar, resolver e responder o mais corretamente possível aos diversos problemas existentes no intuito de se reduzir ao mínimo o risco inevitável de erros. Por outro lado, enquanto no controle da qualidade de produtos industriais a correção de imperfeições é feita sem ônus exagerado, na indústria da construção, esta reparação é muitas vezes difícil e onerosa, podendo apresentar reflexos técnicos-políticos inaceitáveis.

Estas circunstâncias específicas da indústria de construção e em particular da indústria das construções de pavimentos viários requer dos técnicos do setor uma profunda reflexão sobre o significado dos conceitos clássicos da estatística aplicada no projeto e controle das obras, sendo muito importante que a qualidade dos serviços seja julgada antes e durante a execução das suas diversas etapas para que seja alcançada uma boa qualidade final.

### 5.2 Planos de amostragem

A chave para o sucesso da utilização das especificações de garantia da qualidade é o desenvolvimento e utilização de planos de amostragem e ensaios para verificar a aceitação da construção. O projetista fixa valores máximos e mínimos para as características tecnológicas na elaboração do projeto. O conceito de máximo e mínimo tem que ser estatístico, fixando-se sempre uma margem

de erro de acordo com a estrutura em causa, estabelecendo-se porcentagens dos valores prováveis abaixo do mínimo ou acima do máximo. O controle da qualidade na execução dos serviços consiste, então, em fazer respeitar esses valores fixados no projeto. Tanto o fiscal (contratante) como o empreiteiro (executante) tem que respeitá-los.

A aplicação da análise estatística no controle da qualidade das obras não prescinde de uma boa fiscalização, da coleta criteriosa de amostras e de ensaios bem executados; é, no entanto, a única maneira de traduzir em números, simplificando, resumindo, tornando acessível a qualquer um, o julgamento de um serviço.

O objetivo principal da presente publicação é isto, ou seja, orientar da melhor maneira possível à aplicação dos preceitos fundamentais das análises estatísticas, visando com isto melhorar as obras de pavimentação tanto em ruas e avenidas urbanas, bem como rodovias, aeroportos, etc.

Na engenharia tudo se resulta de um lado no dimensionamento de uma estrutura com as tensões unitárias agentes e do outro lado a resistência do material constituinte que é determinada através de ensaios e ou de outras características tecnológicas do material cuja variabilidade é inerente do próprio material.

A experiência tem mostrado que a distribuição da frequência dos valores medidos segue aproximadamente, a lei normal ou gaussiana, desde que as amostras sejam colhidas aleatoriamente e que as mesmas provenham de um material produzido natural ou artificialmente sob as mesmas condições essenciais, isto é, pertençam ao mesmo universo.

### 5.3 Revisão dos conceitos fundamentais da estatística

Para facilitar o entendimento dos conceitos fundamentais da estatística, supõem-se dois segmentos rodoviários A e B nos quais se realizam ensaios de grau de compactação:

segmento A		
2	4	
1	3	n

segmento B		
1	2	
3	4	n



## CONTROLE DOS PRINCIPAIS SERVIÇOS

### 6.1 Terraplenagem

#### 6.1.1 *Serviços preliminares*

De acordo com a especificação DNIT 104 – ES (BRASIL, 2009a) são todas as operações de preparação das áreas destinadas à implantação do corpo estradal, áreas de empréstimo e ocorrências de material, pela remoção de material vegetal e outros, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos, matacões, além de qualquer outro considerado como elemento de obstrução.

Desmatamento é o corte e remoção de toda vegetação de qualquer densidade e posterior limpeza das áreas destinadas à implantação da plataforma a ser construída.

Destocamento e limpeza são operações de escavação e remoção total dos tocos e raízes e da camada de solo orgânico, na profundidade necessária até o nível do terreno considerado apto para terraplenagem das áreas destinadas à implantação da plataforma a ser construída.

Empréstimo é uma área indicada no projeto, ou selecionada, onde serão escavados materiais a serem utilizados na execução da plataforma da rodovia e nos segmentos em aterro.

Ocorrência de material ou jazida é uma área indicada para a obtenção de solos ou rocha a empregar na execução das camadas do pavimento e/ou das obras-de-arte especiais, das obras de drenagem e das obras complementares.

“Off sets” são linhas de estacas demarcadoras da área de execução dos serviços.

Cota vermelha é uma denominação usualmente adotada para as alturas de corte e de aterro.

Os equipamentos em geral são máquinas, veículos, equipamentos outros e todas as unidades móveis utilizadas na execução dos serviços e obras.

Canteiro de obras são instalações específicas, contendo, no caso geral, os seguintes compartimentos: guarita, recrutamento, segurança, transportes, ambulatório, escritório, laboratório, almoxarifado, oficina mecânica, abastecimento de combustíveis, borracheiro, lavagem, lubrificação, alojamento de pessoal e recreação.

#### 6.1.1.1 Condições gerais

Os serviços preliminares de terraplenagem, dentro de um enfoque abrangente, assumem vasta diversificação e podem ser agrupados segundo três importantes vertentes: exame do projeto de engenharia, execução de estudos técnicos e de serviços topográficos e execução dos serviços preliminares de terraplenagem propriamente dita.

#### 6.1.1.2 Materiais

O processo de preparo das áreas destinadas à implantação do corpo estradal, áreas de apoio e áreas de empréstimos e ocorrências de materiais envolve a eventual remoção dos seguintes elementos/materiais:

1. espécies vegetais, as quais constituem conjuntos de maior ou menor porte, demandando ou conduzindo a um desmatamento que pode ser leve ou pesado, conforme a altura e a quantidade de árvores (densidade);
2. blocos de rocha, pedras isoladas, matacões, etc.;
3. linhas de transmissão de energia, telefone ou outra; e
4. cercas, construções e outras benfeitorias, inclusive plantações e açudes.

#### 6.1.1.3 Execução

Os serviços de limpeza dos elementos/áreas relacionados compreendem três itens principais, a saber:

1. derrubada, remoção da vegetação e destocamento;
2. retirada da camada de terra vegetal; e
3. remoção de blocos de rocha, pedras isoladas, matacões, etc.

Ainda devem ser levadas em consideração as seguintes considerações:

A Foto 44 mostra o espalhamento do agregado graúdo sobre a camada de bloqueio já espalhada.



**Foto 44** - Espalhamento da camada do agregado graúdo

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 45 mostra o espalhamento do material de enchimento preenchendo os vazios do agregado graúdo.



**Foto 45** - Espalhamento do material de enchimento

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 46 mostra a irrigação em leque do material de enchimento.



**Foto 46** - Irrigação do material de enchimento

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 47 mostra o acabamento final do macadame hidráulico



**Foto 47** - Acabamento final

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 58 mostra a execução do presente serviço numa obra de restauração onde os acostamentos antes não pavimentados onde recebeu a primeira camada do agregado graúdo e o primeiro banho de CAP 85/100.



**Foto 58** - Primeira camada e primeiro banho

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 59 mostra a segunda camada de agregado espalhada sobre o primeiro banho que a seguir vai ser compactada.



**Foto 59** - Segunda camada sobre o primeiro banho

*Fonte: O próprio autor*

A Foto 60 mostra a segunda camada de agregado que já recebeu o segundo banho e o espalhamento da camada final de acabamento.



**Foto 60** – Espelhamento da camada final de acabamento

*Fonte: O próprio autor*

### 6.5.7 Lama asfáltica

De acordo com a especificação DNIT 150 – ES (BRASIL, 2010f) consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica e água, com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

#### 6.5.7.1 Condições gerais

A lama asfáltica pode ser empregada como camada de selagem, impermeabilização e na conservação preventiva periódica de pavimentos.

Não é permitida a execução do presente serviço em dias de chuva ou quando a superfície de aplicação apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.

Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos na presente especificação de serviço, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre o fornecedor e o canteiro de obra.



# EXEMPLOS PRÁTICOS

7.1 Dadas as planilhas de controles dos serviços de base estabilizada granulometricamente e concreto asfáltico, calcular média, desvio-padrão amostral,  $V_{min}$ ,  $V_{max}$ ,  $X_{min}$  e  $X_{max}$  verificando se os serviços estão "conformes" ou "não conformes"

## 7.1.1 Base estabilizada granulometricamente

RODOVIA:		TRECHO:										SUB-TRECHO:										CONTRATO:										EXTENSÃO:									
FIRMA EMPREITEIRA:																																									
<b>CONTROLE DA QUALIDADE : BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE (DNIT 141/2022 - ES)</b>																																									
Nº DE AMOSTRAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	MÉDIA	DESVIO																	
ESTACAS		700	710	720	730	740	750	760	770	780	800	820	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	X																		
GRANULOMETRIA																																									
PENETRAS		BEG	PROJETO																																						
FAIXA A APROVADO:																																									
2"	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00													
3/8"	30-65	58,80	55,90	60,10	59,80	57,80	59,50	54,80	55,40	54,80	59,00	56,60	57,20	55,10	53,80	55,80	54,90	59,20	61,30	55,80	53,50	57,60	55,90	56,87	56,87	56,87	56,87	2,21													
4	25-55	41,10	45,20	39,70	40,50	41,80	38,90	40,10	44,00	38,90	41,50	42,20	43,00	44,20	41,20	40,50	38,60	37,80	41,10	40,80	44,30	39,30	41,10	41,20	41,20	41,20	2,02														
10	15-40	25,40	26,80	25,10	25,00	24,90	26,40	25,90	27,00	24,50	27,60	23,90	25,40	24,60	25,80	24,20	22,20	23,40	27,50	25,70	25,20	25,90	23,70	25,14	25,14	25,14	1,48														
40	8-20	12,10	12,50	11,90	12,65	11,50	12,10	11,40	11,50	11,20	12,50	12,90	11,40	12,40	12,00	12,20	14,20	14,80	13,10	12,90	11,80	10,70	10,90	12,24	12,24	12,24	1,03														
200	2-8	4,10	3,90	3,80	4,10	3,90	3,80	4,00	4,20	3,90	3,90	4,20	4,10	3,90	3,70	4,10	3,90	3,80	4,10	3,90	4,20	3,90	3,98	3,98	3,98	3,98	0,17														
EXPANSÃO (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00													
ISCICBR (%)		161,5	159,0	166,2	164,2	163,1	159,0	161,0	158,5	162,2	166,1	163,7	162,8	166,4	161,9	159,7	164,1	165,4	162,4	155,9	162,9	162,1	164,5	162,43	162,43	162,43	2,80														
GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		99,80	101,00	100,00	100,20	100,50	100,80	101,00	100,50	100,50	99,40	100,00	99,40	100,20	101,00	98,90	100,50	100,00	100,70	100,30	101,20	100,40	100,20	100,39	100,39	100,39	0,69														
Kc - coeficiente multiplicador																																									
- risco do executante																																									
OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: Os números acima foram calculados de acordo com as normas preconizadoras do DNIT, os quais assumimos inteira responsabilidade pelas informações																																									
ENSP DO CONTROLE INTERNO (EXECUTANTE) CREA Nº																																									

RODOVIA:		TRECHO:										SUB-TRECHO:										CONTRATO:																														
FIRMA EMPREITEIRA:																																																				
<b>CONTROLE DA QUALIDADE : BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE (DNIT 141/2022 - ES)</b>																																																				
Nº DE AMOSTRAS		n =	21																								K =	1,01																								
GRANULOMETRIA																																																				
PENETRAS		BEG	PROJETO	MÉDIA	NUMERO	DESVIO	FAIXA DE TRABALHO				RESULTADOS				CONFORME/NÃO CONFORME				CONFORME/NÃO CONFORME																																	
#	FAIXA A	APROVADO		AMOSTRAS	PADRÃO	Vmin.	Vmax.	Xmin	Xmax.	Xmin	±	Vmin	CONFORME/NÃO CONFORME	Xmax	±	Vmax	CONFORME/NÃO CONFORME	Xmax	±	Vmax	CONFORME/NÃO CONFORME																															
2"	100,00	100,00	100,00	21	0,00	93,00	100,00	100,00	100,00	100,00	±	93,00	CONFORME	100,00	±	100,00	CONFORME	100,00	±	100,00	CONFORME																															
3/8"	30-65	58,80	56,87	21	2,21	51,80	65,00	54,64	59,10	54,64	±	51,80	CONFORME	59,10	±	65,00	CONFORME	59,10	±	65,00	CONFORME																															
4	25-55	41,10	41,20	21	2,02	36,10	46,10	39,15	43,24	39,15	±	36,10	CONFORME	43,24	±	46,10	CONFORME	43,24	±	46,10	CONFORME																															
10	15-40	25,40	25,14	21	1,48	20,40	30,40	23,65	26,63	23,65	±	20,40	CONFORME	26,63	±	30,40	CONFORME	26,63	±	30,40	CONFORME																															
40	8-20	12,10	12,24	21	1,03	10,10	14,10	11,19	13,28	11,19	±	10,10	CONFORME	13,28	±	14,10	CONFORME	13,28	±	14,10	CONFORME																															
200	2-8	4,10	3,98	21	0,17	2,10	6,10	3,81	4,14	3,81	±	2,10	CONFORME	4,14	±	6,10	CONFORME	4,14	±	6,10	CONFORME																															
EXPANSÃO (%)		0,00	0,00	21	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	±	0,00	CONFORME	0,00	±	0,50	CONFORME	0,00	±	0,50	CONFORME																															
ISCICBR (%)		162,43	162,43	21	2,80	80,0	-	159,6	159,6	159,6	±	80,0	CONFORME	159,6	±	159,6	CONFORME	159,6	±	159,6	CONFORME																															
GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		100,39	100,39	21	0,69	100,00	-	99,70	101,08	99,70	±	100,00	NÃO CONFORME																																							
OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: Os números acima foram calculados de acordo com as preconizadoras do DNIT, os quais assumimos inteira responsabilidade pelas informações																																																				
ENSP DO CONTROLE INTERNO (EXECUTANTE) CREA Nº																																																				

## 7.1.2 Concreto asfáltico

RODOVIA:		TRECHO:										SUB-TRECHO:																		
FIRMA EMPREITEIRA:		CONTRATO:																												
<b>CONTROLE DA QUALIDADE : CONCRETO ASFÁLTICO FX C-12,5 (DNIT 031/2024 - ES)</b>																														
PRODUÇÃO DIÁRIA: DE 03 A 04/10/2024																														
PENEIRAS #	CA FAIXA C-12,5	PROJETO APROVADO	NÚMERO DE AMOSTRAS																			MÉDIA	DESVIO PADRÃO							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			20	21					
3/4"	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	93,72	1,93		
1/2"	90 - 100	94,90	96,10	93,20	91,40	96,60	94,20	91,30	95,20	93,80	92,80																			
3/8"	73 - 89	81,90	80,50	83,40	80,50	83,10	81,20	84,20	81,20	80,50	83,40																			
1/4"	53 - 78	65,80	66,10	65,10	66,30	64,80	66,20	64,10	63,20	60,80	65,10																			
n° 4	44 - 72	58,90	58,90	55,40	55,10	59,20	55,80	57,90	57,10	56,70	55,70																			
n° 8	28 - 58	43,90	43,90	41,90	44,70	46,20	44,90	43,40	41,20	40,90	47,20																			
n° 16	17 - 45	31,70	32,10	33,80	30,40	31,90	34,70	33,10	30,40	29,80	33,20																			
n° 30	11 - 35	23,90	24,10	23,80	22,10	20,80	25,90	23,70	22,10	21,90	22,30																			
n° 50	6 - 25	15,20	16,20	15,40	13,80	14,20	15,90	16,50	14,70	15,10	13,20																			
n° 100	3 - 17	10,50	11,20	10,70	11,30	10,80	12,80	13,80	9,80	10,20	11,20																			
n° 200	2 - 10	6,30	6,50	5,90	6,10	6,80	5,40	6,10	5,70	5,90	6,20																			
TEOR LIGANTE (%)		5,50	5,80	5,20	5,30	5,80	5,50	5,80	5,40	5,30	5,40																			
ESTABILIDADE (KG)		1130,00	1088,00	1020	1012	1100	1150	1150	990	1050	1190																			
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (N)		0,85	0,75	0,81	0,82	0,76	0,74	0,80	0,75	0,81	0,80																			
GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		101,00	98,00	97,80	100,80	97,50	96,30	100,80	96,50	100,90																				
K - coeficiente multiplicador		1,55 1,41 1,36 1,31 1,25 1,21 1,16 1,13 1,11 1,10 1,08 1,06 1,04 1,03 1,02 1,01																												
a - risco do executante		0,45 0,35 0,30 0,25 0,19 0,15 0,10 0,08 0,06 0,05 0,04 0,03 0,02 0,01																												
OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:																														

RODOVIA:		TRECHO:										SUB-TRECHO:									
FIRMA EMPREITEIRA:		CONTRATO:																			
<b>CONTROLE DA QUALIDADE : CONCRETO ASFÁLTICO FX C-12,5 (DNIT 031/2024 - ES)</b>																					
PRODUÇÃO DIÁRIA: DE 03 A 04/10/2024																					
PENEIRAS #	CA FAIXA C-12,5	PROJETO APROVADO	MÉDIA X	NÚMERO AMOSTRAS	DESVIO PADRÃO	EX DE TRABALH			VERIFICAÇÃO												
						Vmin.	Vmax.	Xmin.	Xmax.	Xmin	z	Vmin	CONFIRMAÇÃO CONFORME	Xmáx	z	Vmáx	CONFIRMAÇÃO CONFORME				
3/4"	100	100,00	100,00	9	0,00	93,00	100,00	100,00	100,00	100,00	≥ 93,00		CONFORME	100,00	≤ 100,00		CONFORME				
1/2"	90 - 100	94,90	93,72	9	1,93	87,90	100,00	91,31	96,13	91,31	≥ 87,90		CONFORME	96,13	≤ 100,00		CONFORME				
3/8"	73 - 89	81,90	82,00	9	1,41	74,90	88,90	80,24	83,76	80,24	≥ 74,90		CONFORME	83,76	≤ 88,90		CONFORME				
1/4"	53 - 78	65,80	64,63	9	0,70	58,80	70,80	63,76	65,50	63,76	≥ 58,80		CONFORME	65,50	≤ 70,80		CONFORME				
n° 4	44 - 72	58,90	56,87	9	2,00	53,50	63,50	54,37	59,37	54,37	≥ 53,50		CONFORME	59,37	≤ 63,50		CONFORME				
n° 8	28 - 58	43,90	43,83	9	1,56	38,50	48,50	41,88	45,79	41,88	≥ 38,50		CONFORME	45,79	≤ 48,50		CONFORME				
n° 16	17 - 45	31,70	32,16	9	1,69	26,70	36,70	30,04	34,27	30,04	≥ 26,70		CONFORME	34,27	≤ 36,70		CONFORME				
n° 30	11 - 35	23,90	22,97	9	1,96	18,50	28,50	20,52	25,41	20,52	≥ 18,50		CONFORME	25,41	≤ 28,50		CONFORME				
n° 50	6 - 25	15,20	15,00	9	1,05	11,20	19,20	13,68	16,32	13,68	≥ 11,20		CONFORME	16,32	≤ 19,20		CONFORME				
n° 100	3 - 17	10,50	11,31	9	0,84	7,50	13,50	10,26	12,37	10,26	≥ 7,50		CONFORME	12,37	≤ 13,50		CONFORME				
n° 200	2 - 10	6,30	6,07	9	0,54	4,30	8,30	5,39	6,74	5,39	≥ 4,30		CONFORME	6,74	≤ 8,30		CONFORME				
TEOR DE LIGANTE (%)		5,50	5,43	9	0,18	5,20	5,80	5,21	5,66	5,21	≥ 5,20		CONFORME	5,66	≤ 5,80		CONFORME				
ESTABILIDADE (KG)		1130,00	1088,00	9	63,69	500,00		1008,4		1008,4	≥ 500,00		CONFORME				CONFORME				
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (N)		0,85	0,79	9	0,04	0,65		0,74		0,74	≥ 0,65		CONFORME				CONFORME				
GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)		98,84	9	1,73	97,00	100,00	96,69	101,00	96,69	≥ 97,00		NÃO CONFORME	101,00	≤ 100,00		NÃO CONFORME					
OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:																					
Os números acima foram calculados de acordo com as normas preconizadoras do DNIT os quais assumimos inteira responsabilidade pelas informações																					
..... ENGº DO CONTROLE INTERNO (EXECUTANTE) CREA Nº																					

## 7.2 Dadas as planilhas de Tratamento Superficial Duplo, Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico e Concreto Asfáltico, calcular a Verificação da Efetividade da Gestão da Qualidade dentro dos preceitos do procedimento DNIT 011/2004 - PRO.

### 7.2.1 Tratamento Superficial Duplo

RODOVIA:		SUB-TRECHO:							
TRECHO:									
EXTENSÃO:									
EXECUTANTE:									
PLANO DE VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DA GESTÃO DA QUALIDADE - ESPECIFICAÇÃO DNIT 011/2004-PRO (GESTÃO DA QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS)									
SERVIÇO:	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPL0 (NORMA DNIT 147/2012 - ES)							mês:	out/24
DISCRIMINAÇÃO	TIPO DE SERVIÇO	VERIFICAÇÕES			Tvr	Tve	NCT	NCNT	
		FREQUÊNCIA	ESPECIFICAÇÃO	CRITÉRIO	(realizadas)	(esperadas)			
VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS ESSENCIAIS	Agregados	Ensaio de desgaste "Los Angeles"	1 ensaio por mês ou variação aparente	DNIT 451/2024 - ME	valor máximo ≤ 40%	0	1	1	
		Ensaio de durabilidade	1 ensaio por mês ou variação aparente	DNIT 446/2024 - ME	valor máximo ≤ 12% (sulfato de sódio)	0	1	1	
		Ensaio de granulometria individual	1 ensaio por jornada de trabalho	DNIT 412/2019 - ME	faixa de especificação c/ tolerâncias	20	20	0	
		Ensaio do índice de forma	1 ensaio para cada 500 m <sup>2</sup>	DNIT 424/2020 - ME	valor mínimo ≥ 0,5	20	20	0	
		Ensaio de resíduo de destilação	1 ensaio por carga que chegar na obra	ABNT NBR 6568:2005	valor mínimo ≥ 67%	0	3	3	
		Ensaio de peneiramento	1 ensaio por carga que chegar na obra	DNER - ME 005/94	mat. ret. pen. 0,82mm - max. 0,1%	0	3	3	
		Ensaio de desmembrabilidade	1 ensaio por carga que chegar na obra	DNIT 157/2011 - ME	valor mínimo ≥ 50% em peso	0	3	3	
		Ensaio de carga de partícula	1 ensaio por carga que chegar na obra	DNIT 156/2011 - ME	carga positiva	0	3	3	
		Ensaio visc. Saybolt-Furol p/diversas temp.	1 ensaio para cada 100 l que chegar na obra	DNER - ME 004/94	curva viscosidade x temperatura	3	3	0	
		<b>SUBTOTAL DO INSUMO</b>					<b>43</b>	<b>54</b>	<b>11</b>
VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO	EM PISTA	Taxa de aplicação do ligante	mínimo de 5 amostras p/cada 3000 m <sup>2</sup> pista	Método da bandeja	tolerância ± 0,2 t/m <sup>3</sup> (projeto)	42	42	0	
		Taxa de aplicação do agregado	mínimo de 5 amostras p/cada 3000 m <sup>2</sup> pista	Método da bandeja	tolerância ± 1,5 kg/m <sup>2</sup>	42	42	0	
		Temperatura de aplicação do ligante	mínimo de 5 amostras p/cada 3000 m <sup>2</sup> pista	DNER - ME 004/94	espalhamento c/vars. entre 20 a 100 SSF	42	42	0	
<b>SUBTOTAL DA PRODUÇÃO</b>					<b>126</b>	<b>126</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
VERIFICAÇÃO DO RESULTADO	EM PISTA	Acabamento de superfície	mínimo de 5 amostras p/cada 3000 m <sup>2</sup> pista	régua	variação entre dois pontos ≤ 0,5 cm	42	42	0	
		Alinhamento de eixo e das bordas	mínimo de 5 amostras p/cada 3000 m <sup>2</sup> pista	trena	desvios não podem exceder a ± 5,0 cm	42	42	0	
<b>SUBTOTAL DE PRODUTO</b>					<b>84</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>253</b>	<b>264</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	

Eng.º Controle Interno (Executante)  
CREA N.º

### 7.2.2 Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico

RODOVIA:		SUB-TRECHO:							
TRECHO:									
EXTENSÃO:									
EXECUTANTE:									
PLANO DE VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DA GESTÃO DA QUALIDADE - ESPECIFICAÇÃO DNIT 011/2004-PRO (GESTÃO DA QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS)									
SERVIÇO:	PINTURA DE LIGAÇÃO COM LIGANTE ASFÁLTICO (NORMA DNIT 145/2012 - ES)							mês:	out/2024
DISCRIMINAÇÃO	TIPO DE SERVIÇO	VERIFICAÇÕES			Tvr	Tve	NCT	NCNT	
		FREQUÊNCIA	ESPECIFICAÇÃO	CRITÉRIO	(realizadas)	(esperadas)			
VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS ESSENCIAIS	Emulsão R/A-C	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol a 50°C	1 ensaio por carga que chegar à obra	DNER - ME 004/94	valores entre 20 a 90 SSF	1	1	0	
		Ensaio de resíduo por evaporação	1 ensaio por carga que chegar à obra	ABNT - NBR 14375:2019	valor mínimo ≥ 62%	0	1	1	
		Ensaio de penetração	1 ensaio por carga que chegar à obra	DNER - ME 005/94	mat. ret. Penetra 20 (0,82mm) - max. 0,1%	0	1	1	
		Ensaio de sedimentação para emulsões	1 ensaio para cada 100 l que chegar à obra	DNER - ME 006/2000	valor máximo em 5 dias, máx. 10%	0	1	1	
		Ensaio visc. Saybolt-Furol p/diversas temp.	1 ensaio para cada 100 l que chegar à obra	DNER - ME 004/94	curva viscosidade x temperatura	1	1	0	
<b>SUBTOTAL DO INSUMO</b>					<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	
VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO	EM PISTA								
		<b>SUBTOTAL DE PRODUÇÃO</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
VERIFICAÇÃO DO RESULTADO	EM PISTA	Taxa de aplicação do ligante	mínimo 5 amostras p/cada 4000 m <sup>2</sup> pista	método da bandeja	tolerância ± 0,2 t/m <sup>3</sup> do valor de projeto	45	45	0	
		Temperatura de aplicação do ligante	mínimo 5 amostras p/cada 4000 m <sup>2</sup> pista	DNER - ME 004/94	espalhamento c/vars entre 20 a 100 SSF	45	45	0	
<b>SUBTOTAL DE PRODUTO</b>					<b>90</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>92</b>	<b>95</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	

Eng.º CONTROLE INTERNO (EXECUTANTE)  
CREA N.º

### 7.2.3 Concreto Asfáltico

RODOVA :										
TRECHO :		SUB-TRECHO:								
EXTENSÃO:										
EXECUTANTE:										
PLANO DE VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DA GESTÃO DA QUALIDADE - ESPECIFICAÇÃO DNIT 011/2004-PRO (GESTÃO DA QUALIDADE EM OBRAS RODOVIÁRIAS)										
SERVIÇO:		CONCRETO ASFÁLTICO (NORMA DNIT 031/2024 - ES)				mês:		OUT/2024		
DISCRIMINAÇÃO	TIPO DE SERVIÇO	VERIFICAÇÕES			TVr	Tve	NCT	NCNT		
		FREQÜÊNCIA	ESPECIFICAÇÃO	CRITÉRIO	(realizadas)	(esperadas)				
VERIFICAÇÃO DOS INSUMOS LABORATORIO	Agregados	Ensaio de desgaste "Los Angeles"	1 ensaio/mês ou var. aparente	DNIT 451/2024 - ME	valor máximo ≤ 50%	0	1	1		
		Ensaio de adesividade	1 ensaio/mês ou var. aparente	DNIT 452/2024 - ME	controle de uso de dopo	0	1	1		
		Ensaio de durabilidade	1 ensaio/mês ou var. aparente	DNIT 446/2024 - ME	vr. máximo ≤ 12% (suftato sódio)	0	1	1		
		Ensaio do índice de forma	1 ensaio/mês ou var. aparente	DNIT 424/20204 - ME	valor mínimo ≥ 0,5	0	1	1		
		Equivalente de areia	1 ensaio semanal	DNIT 450/2024 - ME	valor mínimo ≥ 55%	0	3	3		
		Umidade dos agregados	1 ensaio diário	DNER - ME 196/98	valor máximo < 0,3%	20	20	0		
		Granulometria da cal	1 ensaio diário	DNIT 418/2019 - EM		20	20	0		
		Granulometria individual	1 ensaio a cada 4 horas	DNIT 412/2019 - ME		40	40	0		
		Granulometria da mistura	1 ensaio a cada 4 horas	DNIT 412/2019 - ME		40	40	0		
	Ligante Asfáltico CAP 50/70	Ensaio de Fluência e Recuperação (MSCR)	Todo carregamento que chegar à obra	DNIT 423/2020 - ME		0	12	12		
		Ensaio de Resistência à Fadiga (LAS)	Todo carregamento que chegar à obra	DNIT 439/2022 - ME		0	12	12		
		Ensaio do ponto de amolecimento	Todo carregamento que chegar à obra	DNIT 131/2010 - ME		12	12	0		
		Ensaio de penetração a 25° C	Todo carregamento que chegar à obra	DNIT 155/2011 - ME	vr. mín 250 e vr. máx 70 (10 <sup>4</sup> mm)	12	12	0		
		Ensaio do ponto de fulgor	Todo carregamento que chegar à obra	DNER - ME 148/94	valor mínimo ≥ 235° C	12	12	0		
		Índice Suscetibilidade Térmica	Todo carregamento que chegar à obra	DNIT 095/2006 - EM	valores = (-1,5) a (+0,7)	12	12	0		
		Ensaio de formação de espuma	Todo carregamento que chegar à obra	Aquecer a 175° C	não deve espumar	12	12	0		
		Curva de viscosidade	Todo carregamento que chegar à obra	NBR 14960/2003/15164-2021		12	12	0		
		<b>SUBTOTAL DO INSUMO</b>					<b>192</b>	<b>223</b>	<b>0</b>	<b>31</b>
		VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO EM PISTA	Dano por umidade induzida	1 ensaio semanal	DNIT 180/2018 - ME	valor mínimo ≥ 0,70	0	3	3	
Resistência à tração	1 ensaio diário		DNIT 136/2018 - ME	valor mínimo ≥ 0,65 Mpa	20	20	0			
Umidade da massa asfáltica	Ensaio diário		Estufa 105° C até constância de massa	valor máximo < 0,3%	20	20	0			
Extração (teor de CAP)	1 ensaio a cada 4 hrs de produção		DNER - ME 053/94 DNIT 158/2011 - ME ASTM D 6307/2019	tolerância ± 0,3%	40	40	0			
Extração (granulometria da mistura)	1 ensaio a cada 4 hrs de produção		DNIT 412/2019 - ME	faixa de trabalho com tolerâncias	40	40	0			
Ensaio do Rice	1 ensaio a cada 4 hrs de produção		DNIT 427/2020 - ME		0	40	40			
Temperatura do ligante CAP	1 ensaio a cada 4 hrs de produção		Termômetro calibrado	variação de ± 5° C	40	40	0			
Temperatura dos agregados	1 ensaio a cada 4 hrs de produção		Termômetro calibrado	variação de ± 5° C	40	40	0			
<b>SUBTOTAL DE PRODUÇÃO</b>					<b>200</b>	<b>243</b>	<b>43</b>			
VERIFICAÇÃO DO PRODUTO EM PISTA	Temperatura de chegada		A cada caminhão	Termômetro calibrado		360	360	0		
	Temperatura após espalhamento	A cada caminhão	Termômetro calibrado	variação de ± 5° C	360	360	0			
	Nivelamento do greide	A cada 20,0 m de pista	Levantamentos topográficos	variação de - 1,0 cm ou de + 2,0 cm	250	250	0			
	Alinhamento do greide	A cada 20,0 m de pista	Levantamentos topográficos	variação de ± 5,0 cm	250	250	0			
	Largura da plataforma	A cada 20,0 m de pista	Levantamentos topográficos	variação ≥ projeto	250	250	0			
	Grau de compactação	A cada 100,0 m de pista	DNIT 428/2022 - ME DNIT 431/2020 - ME	vr. mínimo ≥ 97% e vr. máximo ≤ 100%	50	50	0			
	Espessura aplicada	A cada 100,0 m de pista	ASTM D5361/2022	variação de ± 5%	50	50	0			
	Mancha de areia (altura da mancha)	A cada 300,0 m de pista	ABNT NBR 16504/2016	várias que depende da velocidade/diretriz	15	15	0			
	Pêndulo Britânico	A cada 300,0 m de pista	ABNT NBR 16780/2019	VDR ≥ 47	0	15	15			
	Índice Internacional de Fricção (IFI)	A cada 300,0 m de pista	ASTM E 1960/2023	IFI ≥ 0,22 ou IFI ≥ 0,15	0	15	15			
	Deflexão característica	A cada 20,0 m de pista	DNIT 133 ME	Na dosagem (projeto da mistura)	250	250	0			
	Bacia defletométrica	A cada 100,0 m de pista	DNIT 133/2010 - ME ou DNER PRO 273/96	Na dosagem (projeto da mistura)	0	50	50			
	Acabamento superficial	A cada 200,0 m de pista	Régua	variação ≤ 0,5 cm	25	25	0			
	Índice de Rugosidade Internacional (IRI)	A cada 200,0 m de pista	DNIT 442/2023 - PRO	IRI ≤ 2,0 ou IRI ≤ 2,4	0	25	25			
<b>SUBTOTAL DE PRODUTO</b>					<b>1860</b>	<b>1965</b>	<b>0</b>	<b>105</b>		
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>2252</b>	<b>2431</b>	<b>0</b>	<b>179</b>		

# ..strata

ENGENHARIA

## LIDERANÇA EM ENGENHARIA CONSULTIVA



INOVANDO COM TECNOLOGIA

