

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA AO
INVENTÁRIO DE FLORESTAS PLANTADAS**

REGIS MENDONÇA PEREIRA

2009

REGIS MENDONÇA PEREIRA

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA AO INVENTÁRIO DE
FLORESTAS PLANTADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. José Marcio de Mello

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pereira, Regis Mendonça.

Gestão da qualidade aplicada ao inventário florestal de florestas
plantadas / Regis Mendonça Pereira. – Lavras : UFLA, 2009.

72 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: José Marcio de Mello.

Bibliografia.

1. Biometria florestal. 2. Amostragem. 3. Controle de qualidade.
4. Gráficos de controle. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 634.9285

REGIS MENDONÇA PEREIRA

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA AO INVENTÁRIO DE FLORESTAS
PLANTADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 11 de fevereiro de 2009.

Prof. Antônio Donizette de Oliveira UFLA

Prof. Marcelo Silva de Oliveira UFLA

Prof. José Marcio de Mello
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem a sua força não teria chegado a lugar algum.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais por todo conhecimento repassado e pela oportunidade de conduzir este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Marcio de Mello pela orientação, ensinamentos, amizade, conselhos e determinação, sem os quais este trabalho não teria tido êxito.

A minha esposa Cristiane por estar sempre ao meu lado aconselhando e dando força.

Aos meus pais e meus irmãos por terem me dado todo auxílio que necessitei nestes anos todos de estudo.

Ao professor José Roberto Scolforo que nas horas de maior dificuldade sempre me aconselhou, ensinou e deu oportunidades para o crescimento.

Ao professor Marcelo da Silva de Oliveira pelos ensinamentos e orientação.

Aos amigos Isabel, Richardson, Charles, Antônio, Alan, Sérgio, Thais, todos do LEMAF por terem contribuído de alguma forma para que este trabalho fosse finalizado.

Enfim, a todos que torceram e me apoiaram nesta caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Conceitos para qualidade.....	4
2.2 Controle da qualidade	6
2.2.1 Histórico do controle da qualidade	7
2.2.2 Definição de controle da qualidade.....	10
2.3 Controle de qualidade no setor florestal	11
2.4 Ferramentas da qualidade	14
2.4.1 Gráfico de controle (Carta de Controle)	15
2.4.2 Check-list ou folha de verificação	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Caracterização das áreas de estudo.....	19
3.2 Descrição do sistema de amostragem	19
3.3. Seleção dos projetos e parcelas auditadas.....	20
3.4. Equipes de medição e auditoria	22
3.5 Coleta de dados.....	22
3.6 Análise dos dados	24
3.6.1 Análise das características qualitativas	25
3.6.2 Análise das características quantitativas	25
3.6.2.1 Erro médio em módulo - CAP	25
3.6.2.2 Erro médio em módulo - Altura total (HT) e Altura dominante (HD)....	26
3.6.2.3 Estatísticas descritivas	27

3.6.2.4 Processamento do inventário	28
3.6.2.5 Gráficos de controle para variáveis.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Avaliação das variáveis qualitativas	33
4.2 Análise das variáveis quantitativas	42
4.2.1 Estatísticas descritivas	42
4.2.2 Processamento do inventário florestal	46
4.2.3 Gráficos de controle.....	49
5 CONCLUSÕES	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Representação das parcelas no procedimento de amostragem sistemático desencontrado.....	20
FIGURA 2	Áreas seccionais para CAP abaixo e acima de 1,3 m do solo.....	26
FIGURA 3	Volumes obtidos com a sub-estimativa e super-estimativa da altura de uma árvore.....	27
FIGURA 4	Medidas de posição e dispersão do CAP por projeto em áreas planas.....	43
FIGURA 5	Medidas de posição e dispersão CAP por projeto em áreas declivosas.....	43
FIGURA 6	Medidas de posição e dispersão da altura total (HT) por projeto em áreas planas.....	44
FIGURA 7	Medidas de posição e dispersão da altura total (HT) por projeto em áreas declivosas.....	44
FIGURA 8	Medidas de posição e dispersão da altura dominante (HD) por projeto em áreas planas.....	45
FIGURA 9	Medidas de posição e dispersão da altura dominante (HD) por projeto em áreas declivosas.....	45
FIGURA 10	Valores médios da auditoria e medição para os projetos avaliados em área plana.....	48
FIGURA 11	Valores médios da auditoria e medição para os projetos avaliados em área declivosa.....	48
FIGURA 12	Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 2 anos, em área plana.....	51
FIGURA 13	Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 2 anos em área declivosa.....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Projetos e número de parcelas avaliadas em regiões planas.	21
TABELA 2	Projetos e número de parcelas avaliadas em regiões com relevo acidentado.	21
TABELA 3	Itens do check-list proposto conforme o procedimento operacional do processo de medição.....	23
TABELA 4	Número de não conformidades encontradas por item nas regiões planas dentro das parcelas e projetos avaliados.	34
TABELA 5	Número de não conformidades encontradas por item em regiões declivosas dentro das parcelas e projetos avaliados.	34
TABELA 6	Médias e Erros de Inventário obtidos pela equipe de medição e de auditoria nos projetos da região plana.....	46
TABELA 7	Médias e Erros de Inventário obtidos pela equipe de medição e de auditoria nos projetos da região declivosa.	47

RESUMO

PEREIRA, Regis Mendonça. **Gestão da qualidade aplicada ao inventário florestal de florestas plantadas**. 2009. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

A fim de conhecer e controlar melhor os erros nas medições e processamento de dados que influenciam diretamente as estimativas do inventário florestal, o presente trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar uma metodologia prática e efetiva utilizando-se de conceitos da gestão da qualidade. Elaborou-se uma *check-list* contendo os pontos vitais do processo de inventário florestal, sendo este validado por um estudo de caso em 21 projetos distribuídos em diferentes idades de um reflorestamento de eucalipto. Foram realizadas auditorias nas medições de 92 parcelas do inventário florestal, visando verificar a conformidade ou não das medições das equipes de campo com os itens da *check-list*. A *check-list* mostrou ser uma ferramenta de grande importância para a coleta de informações referentes à qualidade das medições no inventário florestal. As não conformidades nos itens qualitativos da *check-list* não apresentaram relação com as diferentes idades. Em áreas declivosas, houve maior número de não conformidades, o que pode ser creditado à maior dificuldade na alocação e na medição das parcelas neste relevo. Constatou-se tendência de subestimar os volumes finais, tanto nas áreas planas como nas declivosas. O uso de gráficos de controle no processo de avaliação da qualidade das medições de circunferência a 1,30 m do solo, altura total e altura dominante contribuiu para a visualização e a correção de possíveis falhas.

¹ Comitê Orientador: José Marcio de Mello – UFLA (Orientador), Marcelo Silva de Oliveira – UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

PEREIRA, Regis Mendonça. **Quality management applied to forest plantation inventory**. 2009. 72p. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.²

In order to comprehend and to control better the shortcomings in the measurements and data processing that directly influence the estimates of the forest inventory, this research evaluated a practical and effective methodology using the concepts of the quality management. A check-list was elaborated containing the vital points of the process of forest inventory, which was validated by a case study in 21 projects distributed in different ages of Eucalyptus reforestation program. Audits were accomplished in the measurements of 92 parcels of the Forest Inventory, aiming at verifying the conformity or non conformity of the measurements of the field staff with the check-list items. The check-list showed to be an important tool for gathering the required information to the quality management of Forest Inventory. The non conformities in the qualitative items of the check-list didn't present relationship with the different ages. In sloppy areas there was a larger number of non conformities, probably due to the higher difficulty in the allocation and measurement of the parcels in this kind of relief. A tendency of sub-estimation of the final volumes both in flat and in sloppy areas was verified. The use of control graphs in the evaluation process of the quality of the circumference measurements at 1.30 m of the ground, total and dominant height improved the visualization and correction of possible failures.

² Advising Committee: José Márcio de Mello - UFLA (Adviser), Marcelo Silva de Oliveira - UFLA (Co-adviser)

1 INTRODUÇÃO

Boas práticas de gestão e manejo demandam das empresas de base florestal a quantificação do estoque de madeira presente em seus povoamentos florestais, para subsidiar e dar mais credibilidade às decisões de cunho estratégico e operacional com maior confiabilidade.

Entretanto, atualmente, um dos grandes problemas existentes na indústria de base florestal é a precisão das estimativas volumétricas. O inventário florestal é uma das atividades mais importantes da indústria, pois é por meio dele que se prediz o quanto de matéria-prima existe nos plantios, dando suporte para tomadas de decisões estratégicas e de planejamento futuro. Decisões equivocadas poderão acarretar custos adicionais às atividades subsequentes à quantificação.

Porém, quantificar o estoque de madeira não é tão simples, já que a realização de censo é inviável economicamente, devido à grande dimensão das áreas florestais. Assim, são empregadas técnicas amostrais e biométricas, para a obtenção das informações necessárias, no entanto, o maior problema encontrado na utilização dessas técnicas está nos erros associados às estimativas.

O erro total da estimativa é constituído pela soma dos erros amostrais decorrentes da porção não amostrada da população e por erros não amostrais não relacionados ao processo de amostragem, os quais podem ser: erros de medição causados pelo operador ou pelos instrumentos, negligência na alocação das parcelas no campo, erro de anotação ou digitação dos dados em campo e erros de processamento, dentre outros.

Calcula-se o erro de amostragem considerando a não existência de erros não amostrais. Este erro é dado pelo erro padrão da média, que considera a variação entre as unidades amostrais, e o número total de amostras lançado na área. Erros não amostrais podem afetar a variação entre as parcelas e,

consequentemente, o erro do inventário, proporcionando uma sub ou uma superestimativa da precisão.

Os erros não-amostrais podem ocorrer tanto no processo de amostragem como no censo florestal, pois são o resultado do descuido das operações efetuadas em campo, o que afeta substancialmente a precisão e a média final da característica avaliada.

A precisão do inventário é medida somente pelo cálculo do erro padrão da média. Assim, os erros não amostrais existentes não são considerados diretamente, pois não existe fórmula matemática para quantificar a sua magnitude. A única maneira de se controlar e avaliar esses erros é por meio da supervisão e da conferência efetiva de todos os passos a serem seguidos por um inventário florestal, o que constitui o controle de qualidade do inventário florestal.

Diversos trabalhos visam estudar meios para aumentar a precisão do inventário florestal, seja por meio da estratificação da área, do aumento da intensidade amostral ou, mesmo, pela forma das parcelas. Porém, nenhum estudo se propôs a estudar e tentar controlar os erros não-amostrais que, muitas vezes, ficam mascarados pelos cálculos de médias, desvios padrões e variâncias, e não são contabilizados diretamente no erro do inventário gerado pelo processamento dos dados.

Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar uma metodologia prática e efetiva, embasada em conceitos estatísticos da gestão da qualidade, com a função de controlar a qualidade das atividades de coleta dos dados no inventário florestal.

Os objetivos específicos foram:

- elaborar e avaliar uma *check-list* contendo os pontos vitais do processo de coleta de dados no inventário florestal, os quais afetam, de forma direta ou indireta, o produto final desta atividade;

- validar esta *check-list*, confrontando os dados coletados pela equipe de medição e os coletados pela auditoria, por meio de um estudo de caso envolvendo 21 projetos de reflorestamento com eucalipto, em situação de relevo plano e acidentado;
- propor uma solução quantitativa para a tomada de decisão com relação à qualidade da medição, confirmando ou não a validade do inventário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos para qualidade

De acordo com Paladini (1995), antes de se colocar em prática um programa de qualidade, é necessário e importante entender qual o significado do que vem a ser qualidade, para que os esforços destinados para conseguí-la sejam corretamente alocados. Contudo, o termo é um tanto quanto dinâmico na sua definição, mudando com o tempo e dependendo de quem e como está avaliando. O mesmo autor faz alusão ao fato de que, se o termo qualidade não for bem definido e entendido, as ações de gestão da qualidade da empresa podem ser comprometidas.

Nos primórdios da civilização a qualidade tinha suas características voltadas para a inspeção do que era produzido. Entretanto, com o passar dos tempos, a qualidade adquiriu um caráter voltado mais para o planejamento estratégico das empresas, sendo, na atualidade, vista como um ponto central para o bom gerenciamento empresarial (Garvin, 1992).

Deve-se pensar que muito das perdas, desperdícios e retrabalhos, que encarecem o processo produtivo de uma indústria, está relacionado diretamente com a deficiência do processo de controle da qualidade nos diversos setores da empresa.

Crosby (1990a) já dizia que a qualidade não custa dinheiro e, sim, os eventos desprovidos dela. Ações voltadas para a melhoria da qualidade devem ser vistas como um investimento, em que cada estratégia para seu controle deve gerar um ganho para a empresa, que, se não for financeiro, que seja ao menos organizacional ou competitivo. O mesmo autor cita que, para garantir a qualidade, é necessário fazer com que as pessoas envolvidas na produção de algum bem ou serviço melhorem a cada dia seu modo de produzi-lo.

Por ser um termo multifacetado, de domínio público e comum a muitas áreas da ciência, às vezes, causa transtornos definir concreta e exatamente a qualidade. Definir exatamente o que é qualidade é um tanto difícil, gerando controvérsias entre os estudiosos da área. Fatores como cultura, tipo de produto ou serviço prestado, necessidades, expectativas e observador influenciam de forma direta a definição da qualidade.

Juran (1990) defende que se deve buscar uma unanimidade na conceituação da qualidade, a fim de facilitar as discussões sobre o assunto. Relata também que o nível de satisfação alcançado por um produto no atendimento dos objetivos dos clientes, durante o seu uso, é chamado de adequação ao uso, conceito este que pode ser utilizado para definir qualidade.

O conceito de adequação ao uso é utilizado também por Montgomery (2004) como sendo uma definição tradicional para o termo qualidade, visto que produtos e serviços devem atender às especificações dos seus usuários. O mesmo autor cita que a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade não desejada, uma vez que quanto menor a variabilidade entre e dentro de produtos iguais, a qualidade destes é vista como superior.

Para Garvin (1992), definir qualidade é difícil, pois conceitos complexos estão intrincados na sua definição, podendo sua interpretação ser praticada de vários modos diferentes. Este autor definiu oito dimensões úteis na análise da qualidade, que são: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida. Estas dimensões possuem inter-relações que se mostram importantes para a definição da qualidade.

Feigenbaum (1991) definiu qualidade em produtos e serviços como a combinação das características de marketing, engenharia, produção, confiabilidade e manutenção, por meio das quais produtos e serviços em uso corresponderão às expectativas dos clientes. É importante reconhecer estes

fatores para definir qualidade porque o requisito fundamental para estabelecer o que é a qualidade de um determinado produto exige o equilíbrio dessas diferentes características qualitativas.

Deming (1990) afirma que a qualidade só pode ser definida por quem a avalia, ou seja, dependendo do indivíduo, seu conceito varia, podendo um operário, um administrador e um cliente ter visões diferentes da qualidade de um mesmo produto. Contudo, os operários e os administradores devem ter em mente que uma alta qualidade manterá a empresa no ramo, sendo sua competitividade fortalecida. O autor define qualidade como sendo a satisfação do cliente atrelada a um conceito de melhoria contínua do processo produtivo.

Na norma ISO 8402, que aborda os termos utilizados na gestão e garantia da qualidade, o termo qualidade é definido como sendo a totalidade das características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas dos clientes.

Levando em consideração os relatos e as definições anteriores, percebe-se que definir qualidade, antes mesmo de iniciar o planejamento do controle de qualidade de uma atividade, é primordial para o sucesso. Cada caso assume definições diferentes, de acordo com os padrões almejados.

No presente estudo, a qualidade do inventário florestal será vista como a concordância das ações da equipe de campo com os passos pré-determinados pelos procedimentos operacionais das atividades de coleta e processamento de dados do inventário florestal.

2.2 Controle da qualidade

Qualquer produto ou atividade desenvolvido por seres humanos ou máquinas está sujeito a variações, que podem advir de causas aleatórias ou determináveis. Foi neste contexto que surgiu o controle da qualidade, que se

propõe a identificar e eliminar as variações determináveis de um processo produtivo, melhorando a qualidade dos produtos e serviços desenvolvidos.

Nos tópicos a seguir é apresentado um histórico do controle da qualidade, nos quais são vistos o surgimento, os principais expoentes da sua contextualização e também algumas definições deste termo que é amplamente empregado em várias áreas distintas da pesquisa científica.

2.2.1 Histórico do controle da qualidade

No passado, a qualidade dos produtos era controlada por meio de inspeções praticadas após o término do processo produtivo. Os artesãos, após terminarem um produto, o inspecionavam para observar se suas características estavam de acordo com as especificações pré-determinadas pelos clientes.

Com o surgimento do conceito de linha de montagem, no início do século XX, as inspeções passaram a ter papel fundamental no controle da qualidade dos produtos. Estas inspeções passaram a ser auxiliadas por técnicas de amostragem, as quais fizeram frente à inspeção 100%, reduzindo, com isso, o tempo e os custos com essa atividade. Conceitos como amostragem de aceitação, autoinspeção e inspeção durante o processo também foram desenvolvidos nesta época e tinham como objetivo melhorar o processo de inspeção da qualidade dos produtos (Montgomery, 2004).

Em 1924, Walter Shewhart, estatístico norte-americano, idealizou os gráficos de controle, considerados até hoje como sendo as ferramentas mais robustas do controle estatístico da qualidade. Esses gráficos foram indicados para o controle das variações anormais nas linhas telefônicas da empresa de telefonia “Bell Telephone Laboratories”, obtendo ótimo resultado. Este autor ficou conhecido como o “pai do controle estatístico da qualidade”, por ter publicado, em 1931, o livro intitulado “Economic control of quality of

manufactured product”, o qual forneceu um caráter científico à disciplina (Werkema, 1995).

Durante a Segunda Guerra Mundial, estatísticos norte-americanos, tendo como líderes W.E.Deming, J.M.Juran e W.Shewhart, desenvolveram métodos de controle para a indústria armamentista, a fim de resolverem o problema da produção de suprimentos militares de baixa qualidade. A aplicação desses métodos de controle da qualidade foi um dos diferenciais que afetaram o desfecho deste conflito (Mirshawka, 1990).

Com o final da Guerra, as mesmas técnicas utilizadas no momento de conflito foram empregadas em tempos de paz para a reconstrução da indústria japonesa, que se encontrava destruída naquele momento.

Na década de 1950, W.E.Deming e J.M.Juran foram convidados, pela Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE), para ministrar seminários sobre controle estatístico da qualidade e melhoria da qualidade para os gerentes e administradores das indústrias no Japão.

A filosofia de Deming, que dizia que a qualidade e a produtividade de um produto aumentam à medida que a variabilidade do processo diminui, aliada ao pensamento de Juran, de que o atendimento as especificações dos produtos deveria ser substituído por uma visão voltada para o usuário (adequação ao uso), fez com que as indústrias japonesas atingissem um nível de qualidade nunca visto (Montgomery, 2004); Oliveira & Muniz, 2000). O modelo americano de controle da qualidade passou, então, a ser aplicado no Japão, na tentativa de melhorar os processos produtivos (Longo, 1996).

Como, no Japão, havia escassez de matéria-prima, as exportações de produtos manufaturados de qualidade eram primordiais para a sua sobrevivência no mercado. Este fato, aliado à cultura japonesa, muito disciplinada em relação às metodologias propostas para o controle da qualidade, culminou no sucesso da indústria japonesa, em termos de qualidade e competitividade. Com a utilização

de tais métodos os japoneses conseguiram obter produtos de alta qualidade com custos menores, o que causou um choque emocional nos países ocidentais, que tinham como premissa o contrário.

Nos anos 1980, devido ao sucesso japonês, países como Estados Unidos, França, Inglaterra, China e Alemanha, começaram a se preocupar com o problema da qualidade, pois passaram a perder concorrência para os produtos japoneses, que adentraram os seus mercados a um custo menor e com qualidade superior. Foram criados fóruns e associações em todo o mundo para melhor discutir, estudar e difundir o assunto, criando, com isso, um maior interesse a respeito do controle da qualidade, o que motivou a investida ocidental rumo à melhoria da qualidade dos seus produtos.

A década de 1990 foi marcada pelo aumento do número de certificações, sendo parte disso creditada ao surgimento de novas tecnologias com baixa tolerância a falhas, como, por exemplo, espaçonaves, usinas nucleares e sistemas de informação. Garlipp (1995) afirma que uma das condições para a sobrevivência de uma empresa no mercado é a certificação tanto da qualidade quanto a ambiental e que 68% dos americanos estão dispostos a pagar de 10% a 15% a mais por produtos certificados. Um bom exemplo dessas certificações são as normas da série ISO, que existiam desde 1947, porém, passaram a ter uma maior importância somente no final do século XX, resultado da crescente demanda pela melhoria da qualidade (Montgomery, 2004).

Atualmente, fatores como a globalização e um capitalismo cada vez mais proeminente fizeram com que o controle da qualidade atingisse a maioria dos setores de produção de bens e serviços, tornando-se necessário e primordial para o fortalecimento da competitividade das empresas e o aumento da produtividade.

2.2.2 Definição de controle da qualidade

De acordo com Prazeres (1996), a expressão controle da qualidade apareceu na literatura, pela primeira vez, em 1917, citada em um artigo de G.S. Radford, intitulado *The control of quality*, publicado na revista *Industrial Management*. A partir de então, definições e teorias foram desenvolvidas em torno deste conceito.

Lourenço Filho (1984) e Paladini (1995) relatam que o controle da qualidade pode ser tradicionalmente definido como um sistema dinâmico e complexo, o qual envolve, direta ou indiretamente, os diversos setores da empresa, com o objetivo de estabelecer, melhorar e garantir a qualidade do produto final, em níveis econômicos viáveis, para satisfazer às necessidades e às expectativas implícitas e explícitas dos consumidores.

Para Oliveira & Muniz (2000), controle estatístico da qualidade é o conjunto de ferramentas estatísticas que são aplicadas de forma intencional a um processo de produção, visando atribuir, com isso, qualidade ao processo.

Segundo Ishikawa (1993), para a prática de um bom controle de qualidade é necessário desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto totalmente adequado ao uso a que se destina. Tal produto deve ser mais econômico, mais útil e sempre proporcionar a satisfação do consumidor, sendo necessário, para isso, o empenho de todos na empresa.

Feigenbaum (1991) observou que um produto novo, ao passar da fase de projeto e produção para o mercado consumidor, envolve aproximadamente as mesmas atividades, divididas em três categorias: controle de novos projetos, controle de material recebido e controle de produtos ou local de produção. À medida que esses produtos passam pelas três categorias, diferentes grupos participam do controle da qualidade, como, por exemplo, engenharia, marketing, compras, atendimento ao cliente, dentre outros, os quais possuem a

responsabilidade de controlar a qualidade dos produtos nas suas atividades específicas.

Esta preocupação com todas as atividades, processos industriais e administrativos, em que o controle de qualidade deve-se fazer presente, deu origem ao controle de qualidade total (CQT) (Robles Júnior, 1994).

De acordo com Paladini (2004), o CQT é um processo que aspira o aperfeiçoamento contínuo da organização, indicando, assim, a realização de constantes avaliações, as quais devem estar centradas no processo produtivo e no produto final. O método do CQT envolve toda a empresa, desde o gerenciamento até a engenharia, motivando todos os membros e atividades da empresa a buscarem sempre a alta qualidade no processo produtivo (Szacher, 1986).

2.3 Controle de qualidade no setor florestal

A aplicação das ferramentas para o controle da qualidade nas diversas atividades do setor florestal é vista como essencial, tanto para a produção de maciços florestais que atendam às diversas demandas para a utilização da madeira como também para a minimização dos desperdícios, já que esta matéria-prima, ano a ano, se torna cada vez mais escassa e valiosa.

Com o advento dos incentivos fiscais, o reflorestamento brasileiro, nas décadas de 1970 e 1980, as pesquisas relacionadas ao controle de qualidade, à diminuição de desperdícios e ao aprimoramento da matéria-prima e do processo produtivo, dentre outros, foram deixadas de lado, devido à grande oferta de madeira gerada.

Porém, com o final dos incentivos, a escassez das florestas nativas e a diminuição dos estoques de madeira plantada, o setor florestal passou a se preocupar com o controle da produção e otimização das suas atividades. Inseridos neste contexto foi que começaram a surgir estudos para controlar a

qualidade das atividades florestais, objetivando, com isso, aumentar a qualidade dos produtos neste setor industrial (Trindade, 2000).

O Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF), em 1980, publicou trabalho desenvolvido na empresa Champion Papel e Celulose S/A, no qual foram descritas normas, por meio de listas de verificação, que continham parâmetros pré-estabelecidos para a avaliação do grau da qualidade de cada atividade florestal. O trabalho tinha como objetivo maximizar o incremento médio anual (IMA) com um custo mínimo e também a conscientização técnica dos encarregados pelas atividades. O resultado obtido com a utilização de sistemas de avaliação da qualidade das atividades florestais foi um aumento de 16%, no IMA, em áreas reflorestadas com *Eucalyptus Grandis* e *E. Saligna* (Freitas et al., 1980).

Muitos trabalhos publicados na década de 1980 contribuíram para que o controle de qualidade no setor florestal viesse a se desenvolver. Alguns desses trabalhos são citados por Trindade (1993), como é o caso de Monteiro (1985), nos quais o autor propõe estratégias para controlar a qualidade das operações silviculturais e de carvoejamento em uma empresa florestal, e de Suiter Filho et al. (1980), que sugeriram formas de controlar a qualidade em florestas de eucalipto em uma unidade da Cia. Agrícola e Florestal (CAF).

O estudo de Trindade (1993) foi realizado na Pains Florestal S.A. Seu objetivo foi diagnosticar a situação do controle de qualidade na empresa e propor um sistema participativo de controle da qualidade das operações de campo. Para a avaliação do grau de qualidade das operações, foram elaboradas escalas de pontuação que levavam em consideração a concordância das operações com as normas técnicas estabelecidas pela empresa. Gráficos de controle também foram construídos para analisar o nível de qualidade existente. O sistema proposto foi bem aceito pelos funcionários e propiciou melhorias na qualidade do processo produtivo.

Paula (1997) realizou um estudo de caso dos custos da qualidade na produção de mudas de eucalipto. Tais custos foram divididos em quatro categorias: custos de prevenção de falhas, custos de avaliação da qualidade e custos pela ocorrência de falhas internas e ocorrência de falhas externas. Pela avaliação realizada, constatou-se que nenhum valor é gasto com a avaliação da qualidade, fato este que pode afetar a qualidade dos produtos por ser primordial para a redução de falhas no processo. O valor gasto na correção de falhas ou, mesmo, com as perdas provocadas por elas, representou 7,8% dos custos totais da produção, sendo considerado baixo em um primeiro momento, porém, quando agregado ao universo de milhões de mudas produzidas, se torna representativo.

De forma semelhante, Jacovine (1996) realizou um estudo de caso, avaliando os custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada. Neste caso, os custos de avaliação e prevenção da qualidade foram nulos, fator este que pode ter contribuído para o elevado custo de falha encontrado, o qual totalizou R\$1.538,19/ha. Com os resultados obtidos dos custos de falhas, foi construído um gráfico de Pareto, objetivando definir em quais falhas é essencial que a empresa atue prioritariamente, por meio de ações corretivas, para que seus ganhos em melhoria da qualidade sejam maximizados.

Trabalho referente à gestão da qualidade da atividade de poda em florestas de *Pinus* sp. , para a produção de madeira livre de nós, foi desenvolvido por Fassola (2001). Este autor analisou diversas ferramentas que são utilizadas na atividade de poda e os possíveis defeitos causados em diferentes condições de poda. Questões como condições de trabalho dos operários, rendimentos operacionais e riscos na atividade, dentre outras que podem afetar a qualidade da atividade, foram avaliados e os resultados agregaram novos conhecimentos para a proposição de melhorias de tais procedimentos.

Barros (2001) produziu um trabalho com o objetivo de definir metas para a atividade de preparo do solo, por meio da determinação das exigências das mudas de *Eucalyptus* spp. Para isso, foi elaborado um modelo conceitual de planejamento para a qualidade, utilizando-se o desdobramento da função qualidade. Nesse modelo, foram determinadas metas e o cumprimento destas foi avaliado por meio do uso de gráficos de controle e histogramas.

Jacovine et al. (2005), levando em consideração que a colheita florestal é uma das atividades florestais mais onerosas, desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar a qualidade de cinco subsistemas de colheita florestal de toras curtas. Foram determinadas especificações para o alcance da qualidade na atividade, tendo todos os subsistemas avaliados apresentado pelo menos uma divergência quanto a essas especificações. Algumas adaptações no sistema de corte e arraste e treinamentos para os operários da atividade foram propostos para a melhoria da qualidade da atividade.

2.4 Ferramentas da qualidade

Várias são as ferramentas que foram desenvolvidas com a finalidade de solucionar os problemas de variabilidade dos processos e produtos, tendo em vista contribuir para a melhoria da qualidade destes. Talvez o melhor exemplo disso seja o controle estatístico do processo (CEP), que é descrito por Montgomery (2004) como um conjunto poderoso de ferramentas úteis para a redução da variabilidade do processo. Tal conjunto é formado pelas sete ferramentas básicas da qualidade: histograma, folha de controle (folha de verificação), gráfico de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeitos, diagrama de dispersão e gráfico de controle.

Em meio a estas ferramentas, o gráfico de controle representa o cerne do controle estatístico do processo, pois é a ferramenta mais sofisticada tecnicamente e amplamente utilizada.

A folha de controle é utilizada para auxiliar na coleta de dados pertinentes às características de qualidade que devem ser avaliadas em um processo. Já as outras ferramentas são utilizadas para representar os dados, de forma a proporcionar melhor visualização e análise, facilitando, com isso, a interpretação dos resultados obtidos com o controle de qualidade.

Trindade et al. (2001) publicaram um livro no qual abordam as ferramentas da qualidade aplicadas à atividade florestal, apresentando exemplos práticos de aplicação nas várias operações florestais, além de outras ferramentas como o *brainstorming* (tempestade de ideias), fluxograma, ciclo PDCA (planejar, desenvolver, controlar e agir), dentre outras que não fazem parte do conjunto das sete ferramentas, porém, ajudam a definir estratégias para o controle da qualidade dos processos.

Ainda neste contexto, podem-se citar os programas 5S, os quais visam organizar o ambiente de trabalho e, por isso, são considerados a base para a implantação da qualidade total em uma empresa. O nome dado ao programa provém de cinco palavras japonesas: *seiri* (organização), *seiton* (arrumação), *seisoh* (limpeza), *seiketsu* (higiene) e *shitsuke* (autodisciplina).

Como não é objetivo deste trabalho descrever e discutir a utilidade de todas essas ferramentas, apenas o gráfico de controle e a folha de verificação (*check-list*), que foram aqui utilizados, serão mais discutidos nos tópicos que se seguem.

2.4.1 Gráfico de controle (carta de controle)

O gráfico de controle foi proposto por Shewhart, ainda em 1924, quando trabalhava na Bell Laboratories. Esse gráfico é utilizado para distinguir as variações determináveis que são identificáveis e possíveis de ser corrigidas das variações aleatórias que não apresentam consideráveis alterações no processo, sendo sua eliminação, quando não impossível, antieconômica.

De acordo com Werkema (1995), os gráficos de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e a avaliação da estabilidade do processo, informando se o processo produtivo está ou não sob controle estatístico. Verificar a estabilidade do processo é importante, já que processos instáveis, possivelmente, irão resultar em produtos defeituosos, perdas na produção, além de baixa qualidade dos produtos, podendo, de modo geral, originar a perda da confiança dos clientes.

Um gráfico de controle típico é constituído de três linhas paralelas: uma linha central representando o valor médio da característica de qualidade e um par de linhas de controle situadas uma abaixo da linha central (limite inferior de controle - LIC) e outra acima (limite superior de controle - LSC). Estes limites podem ser definidos de modo que, se o processo estiver sob controle, a maioria dos pontos amostrados estará dentro dos limites calculados (Montgomery, 2004).

As amostras então são coletadas e plotadas no gráfico em função do tempo ou de diferentes amostras. Se as amostras se concentrarem dentro dos limites determinados, o processo está sob controle estatístico e nenhuma ação corretiva é necessária. Porém, se alguma amostra ultrapassar os valores dos limites calculados, isso significa que o processo não está sob controle e precisa ser ajustado, sendo imediatamente parado até a detecção e resolução do problema.

Ao analisar um gráfico de controle é importante não se ater somente à análise dos pontos que estão fora dos limites de controle, como é o costume. Mesmo que todas as amostras estejam dentro dos limites estabelecidos, é possível que elas apresentem um comportamento sistemático ou de não-aleatoriedade na distribuição das amostras, o que necessita de um cuidado especial nas análises. Tais comportamentos podem fazer com que o processo

venha a apresentar alguma tendência a sair de controle, sendo necessário, neste momento, tomar medidas corretivas para que isso não aconteça.

Montgomery (2004) afirma que, em geral, um padrão de não-aleatoriedade tem uma razão, a qual pode ser descoberta e corrigida, fazendo com que o desempenho do processo seja melhorado. Cita também que a maior utilidade do gráfico de controle é a melhoria do processo como um todo.

Para que um processo esteja sob controle estatístico, é necessário que todos os pontos apresentem um padrão aleatório.

O teorema do limite central representa a base teórica para a construção dos gráficos de controle. Usualmente, os limites de controle são definidos para 3σ , sendo chamados de limites de controle “três sigma”. Utilizando-se esses limites, pressupõe-se que, em um processo sob controle estatístico, 99,74% das amostras estarão entre os dois limites.

2.4.2 Check-list ou folha de verificação

Também denominado de folha de verificação (Montgomery, 2004), a *check-list* é um método não estatístico de controle da qualidade, porém, de grande utilidade no planejamento da coleta de dados de um processo produtivo de forma concisa e eficiente. O termo tem origem inglesa e pode ser chamado também de lista de checagem ou folha de controle (Trindade, 2000).

A facilidade de utilização torna essa ferramenta uma das mais adequadas para uso no controle de qualidade do inventário florestal, sendo utilizada nas operações de implementação de controles de qualidade e na supervisão de frentes de trabalho (Oliveira & Muniz, 2000). A maleabilidade é outro ponto positivo da ferramenta, pois permite a adaptação desta às características necessárias para a avaliação de qualidade de cada processo.

Essa ferramenta deve ser planejada e empregada de forma a fornecer informações que possibilitem a construção de gráficos, diagramas, histogramas e

fluxogramas, necessários para a determinação do nível de qualidade do processo avaliado. A *check-list* foi escolhida para ser utilizado neste trabalho, pois auxilia na checagem dos itens conformes e não conformes do processo de inventário florestal.

Na elaboração de uma *check-list* é vital que se conheça bem o processo a ser avaliado, como também a influência que cada item exerce no processo como um todo. Outro ponto fundamental é a criação de um plano operacional (PO), pois é ele que define quais são os procedimentos que devem ser seguidos pelos operários, dando, assim, as informações necessárias à criação da *check-list* utilizado nas auditorias.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas de estudo

A base de dados para a realização do presente trabalho foi obtida em plantios comerciais de eucalipto no estado de São Paulo. As informações foram coletadas em duas regiões com características topográficas peculiares, estando uma localizada em relevo acidentado e a outra em relevo plano, características estas que afetam as condições de trabalho e, conseqüentemente, a qualidade da informação.

A escolha da empresa se baseou no interesse que as mesmas tiveram em conhecer e controlar os níveis de qualidade dos seus inventários florestais (IF), já que grande parte desta atividade é desempenhada por empresas terceirizadas, o que gera a necessidade de buscar formas para controlar e, mesmo, remunerar adequadamente os serviços prestados.

3.2 Descrição do sistema de amostragem

O sistema de amostragem, que inclui procedimento e método de amostragem, variou conforme a região e a empresa. No entanto, em todos os projetos avaliados, verificou-se que o procedimento de amostragem sistemático desenhado (Figura 1) (Cochran, 1963) prevaleceu de forma significativa. Esse procedimento visa lançar as parcelas dentro dos projetos, de forma a captar ao máximo a variabilidade existente na área. As unidades amostrais são alocadas em intervalos distintos, ao contrário da amostragem sistemática em que um intervalo “K” constante é calculado e a escolha da primeira unidade amostral define toda a amostra. O tamanho das parcelas auditadas em cada projeto variou de 380 a 450 m², nas formas retangulares e circulares.

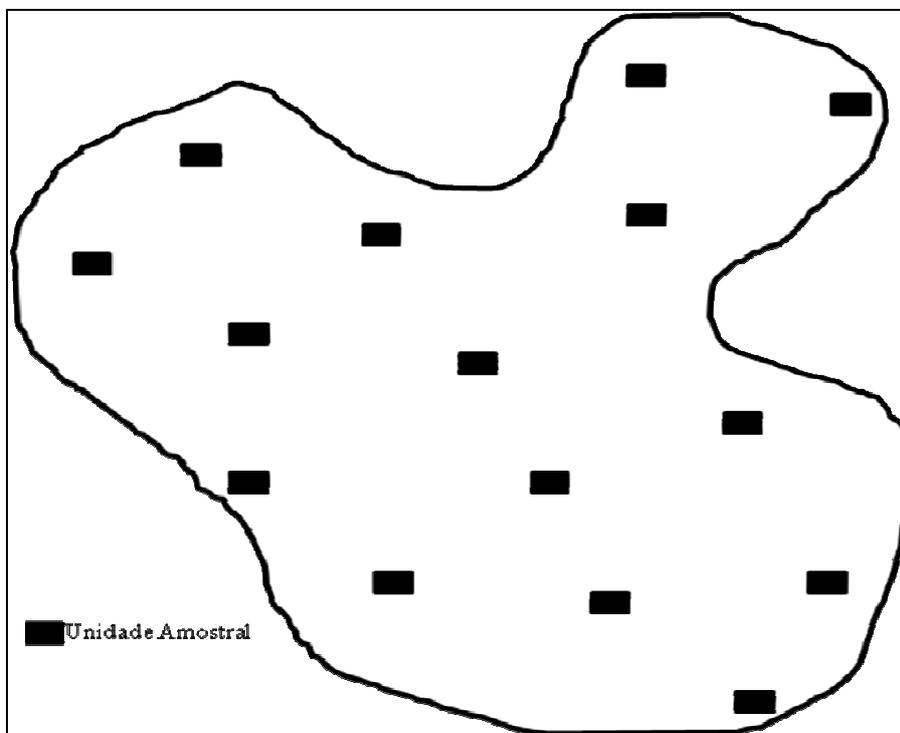


FIGURA 1 Representação das parcelas no procedimento de amostragem sistemático desencontrado.

3.3 Seleção dos projetos e parcelas auditadas

Foram avaliados os projetos auditados nos anos de 2005, 2006 e 2007, nas duas regiões. Dentro de cada projeto foram aleatorizadas algumas parcelas (Tabelas 1 e 2). No total, foram avaliadas 92 parcelas, distribuídas em 21 projetos, sendo 61 parcelas em região plana e 31 em áreas acidentadas. Levou-se em consideração na aleatorização a premissa de esses projetos terem sido inventariados a, no máximo, trinta dias antes da auditoria. Tal cuidado foi adotado para que as diferenças nas características quantitativas aferidas pela equipe de auditoria não fossem vinculadas ao crescimento das plantas no período entre as duas medições.

TABELA 1 Projetos e número de parcelas avaliadas em regiões planas.

Projeto	Parcelas	Idade (anos)
A	1 a 3	3
B	4 a 6	2
B1	7 a 10	6
C	11 a 14	6
D	15 a 17	6
E	18 a 23	2
F	24 a 27	3
G	28 a 32	6
H	33 a 37	4
I	38 a 42	3
J	43 a 46	2
L	47 a 51	2
M	52 a 56	2
N	57 a 61	2

TABELA 2 Projetos e número de parcelas avaliadas em regiões com relevo acidentado.

Projeto	Parcelas	Idade (anos)
O	62 a 65	7
P	66 a 68	2
Q	69 a 72	3
R	73 a 77	3
S	78 a 82	5
T	83 a 87	2
U	88 a 92	2

3.4 Equipes de medição e auditoria

Os inventários florestais contínuos efetuados em cada projeto são executados por equipes terceirizadas, as quais obedecem ao procedimento operacional (PO) de medição estabelecido pela empresa.

A auditoria foi realizada por funcionários da própria empresa contratante. Esta equipe foi considerada como padrão, uma vez que as atividades foram efetuadas com o máximo rigor técnico e por funcionários adequadamente treinados.

Os instrumentos de medição utilizados foram iguais aos empregados pelas equipes de medição (trena, fita métrica e suunto). As ações de campo da equipe de auditoria foram balizadas pela utilização das fichas de campo da equipe de medição.

O acompanhamento das fichas de medição é importante neste processo, a fim de detectar discrepância entre o valor auditado e o medido. Quando havia distorções elevadas, o auditor efetuava novamente a medição. Dessa forma, garantiu-se a lisura dos dados coletados pela auditoria, tornando-os, assim, informações padrões para possíveis comparações. Deve-se destacar que a medição da altura foi efetuada duas vezes na mesma árvore durante o processo de auditoria, a fim de dar maior garantia à medição desta variável, uma vez que a mesma é de difícil mensuração.

3.5 Coleta de dados

Nas parcelas selecionadas para auditoria de medição, avaliaram-se o diâmetro de todas as árvores da parcela, a altura total das primeiras dez plantas e a altura dominante seguindo o conceito de Assman, o qual propõe a medição da altura das cem árvores mais grossas por há, segundo Assman (1970) e Scolforo & Thiersh (2004). Estas são as principais características quantitativas avaliadas

no inventário florestal. Outras características, qualitativas, foram avaliadas conforme a *check-list* estabelecida.

Visto que, até então, não existem trabalhos que visem controlar a qualidade do inventário florestal, e que por este motivo parâmetros de qualidade ainda não foram definidos, utilizaram-se os procedimentos operacionais descritos pela empresa como uma orientação para a definição dos itens a serem avaliados pela auditoria, os quais constituíram a *check-list* proposta por este estudo. Estes itens podem variar conforme a necessidade e a experiência técnica de cada empresa e com a evolução tecnológica empregada dentro do setor florestal.

Além das características biométricas, os itens descritos a seguir na Tabela 3 foram avaliados obedecendo aos critérios pré-estabelecidos nos procedimentos operacionais referentes ao inventário florestal. Esses procedimentos são de conhecimento das pessoas envolvidas no processo de medição.

TABELA 3 Itens da *check-list* proposta conforme o procedimento operacional do processo de medição.

Item	Descrição
1	Distância do carreador até o ponto de entrada da parcela.
2	Direção e distância do caminhamento do ponto de entrada até a parcela.
3	Árvore com o número da parcela no carreador, conforme o número no mapa.
4	Árvores com marcas de tinta no carreador, no sentido da parcela.
5	Delimitação das parcelas (árvores dos vértices bem demarcadas).

...continua

Tabela 3: cont.

Item	Descrição
6	Primeira árvore da parcela com seu respectivo número e o número de covas da parcela.
7	Número de falhas.
8	Altura de medição do CAP.
9	Marca na altura de medição da CAP (marcação visível a 1,30m).
10	Seleção das árvores dominantes corretamente.
11	Área da parcela.
12	Número de árvores com mensuração de altura.
13	Erro médio absoluto (EA) - CAP.
14	Erro médio absoluto (EA) - altura (HT).
15	Erro médio absoluto (EA) - altura dominante (HD).

3.6 Análise dos dados

Os itens descritos nos procedimentos operacionais foram divididos de acordo com suas características. Foram formados, então, dois grupos, sendo um constituído por dados quantitativos e o outro, por dados qualitativos.

Os dados qualitativos são os que possuem características que não podem ser representadas por uma escala numérica, sendo classificados como conformes ou não-conformes, no que diz respeito à avaliação. Já os itens quantitativos são os que apresentam características possíveis de serem representadas numericamente.

3.6.1 Análise das características qualitativas

A análise das características qualitativas foi efetuada para cada projeto, considerando as parcelas avaliadas dentro dos mesmos. Dos 15 itens propostos para a *check-list* elaborada com base nos procedimentos operacionais, 12 se enquadram na categoria de características qualitativas.

Para cada projeto verificou-se o número de itens não conformes. Neste caso foi feita apenas a contagem do número de parcelas em cada projeto que não estava em conformidade com o procedimento operacional.

3.6.2 Análise das características quantitativas

Esta análise foi efetuada em duas etapas. A primeira consistiu de uma análise descritiva e do processamento do inventário. Tanto a análise descritiva quanto o processamento foram realizados com base nas informações da auditoria e da medição. Na segunda fase, utilizaram-se os gráficos de controle para variáveis, os quais foram construídos a partir das diferenças entre valores mensurados e auditados de circunferência a 1,30 metros do solo, altura total e altura dominante. Para o processamento dos dados de CAP, altura total e altura dominante utilizou-se o cálculo das diferenças em módulo entre a medição e a auditoria.

3.6.2.1 Erro médio em módulo - CAP

Este erro é calculado pela média das diferenças em módulo dos CAPs mensurados pelas duas equipes, sendo uma equipe de medição e outra de auditoria.

As diferenças devem ser calculadas em módulo, pois, dessa forma, uma diferença negativa entre os valores obtidos pela medição e pela auditoria não anulará uma diferença positivo. Percebe-se, pela Figura 2, que, se a medição do CAP for realizada acima ou abaixo de 1,3 m do solo, as áreas seccionais obtidas

não serão idênticas, devido à forma da árvore ser cônica. A ideia de compensação seria válida neste caso se os valores de diâmetro a 1,30 m do solo fossem iguais para árvores diferentes e estas apresentassem a mesma conicidade (forma de um cilindro perfeito). Tal observação faz com que a utilização da diferença em módulo seja válida, para que os erros sejam contabilizados corretamente.

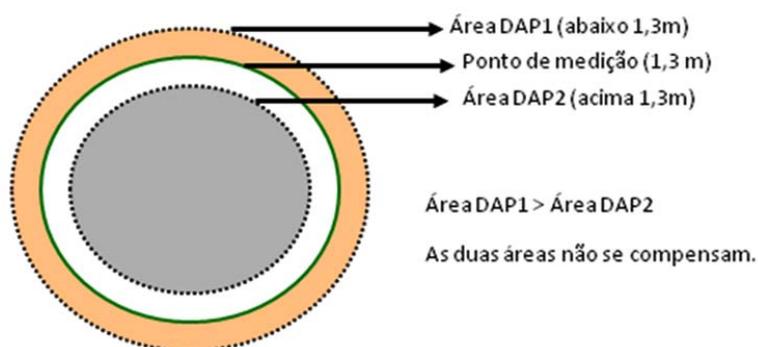


FIGURA 2 Áreas seccionais para CAP abaixo e acima de 1,3 m do solo.

3.6.2.2 Erro médio em módulo - altura total (HT) e altura dominante (HD)

Este erro é calculado pela média das diferenças em módulo das alturas totais mensuradas pelas equipes de medição e auditoria. As médias são calculadas da mesma forma que no item 3.6.2.1.

Neste item, as diferenças também devem ser calculadas em módulo para que um valor negativo não seja anulado por um positivo, pois se percebe, pela Figura 3, que os erros de subestimativa (área A2) e superestimativa (área A1) da altura não terão seus volumes compensados, devido ao fato de a forma da árvore ser cônica. Erros de subestimativa na altura subtraem o volume A2 do volume final da árvore; por outro lado, erros de superestimativa acrescem o volume A1 no volume final da árvore.

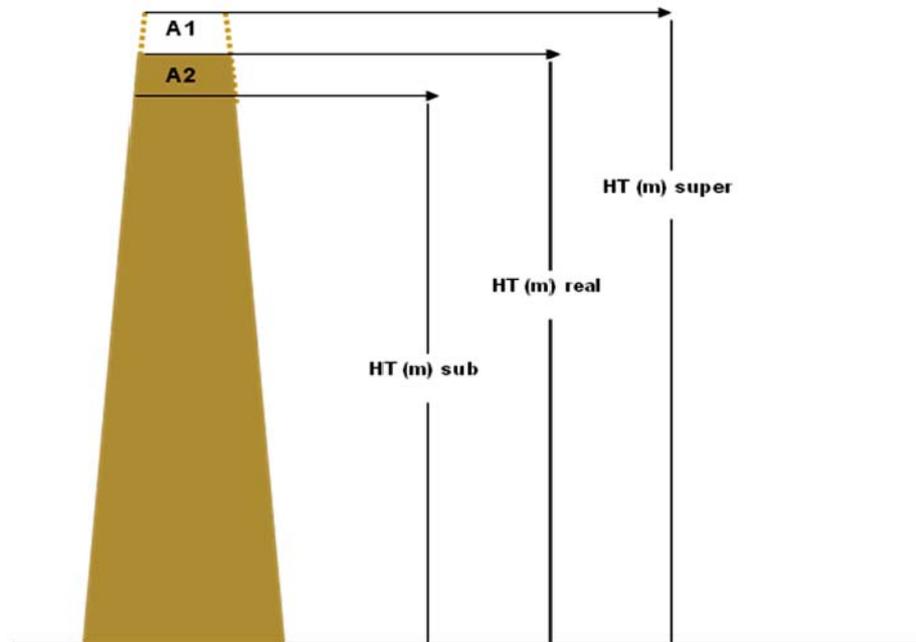


FIGURA 3 Volumes obtidos com a subestimativa e a superestimativa da altura de uma árvore.

3.6.2.3 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas permitem verificar o comportamento médio e variações das características quantitativas. No presente trabalho, determinou-se a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Estas estatísticas foram geradas para a circunferência, a altura total e a altura dominante. Os valores médios permitem verificar diferenças ocorridas na escala da característica. Já a variabilidade dessas características, obtida pelo coeficiente de variação, é uma referência para verificar as variações ocorridas entre as informações da auditoria e da medição.

3.6.2.4 Processamento do inventário

Os produtos finais de um processamento de inventário florestal, basicamente, são: volume médio e erro do inventário absoluto e percentual. Para avaliar os efeitos das distorções ocorridas na medição sobre os produtos finais, processaram-se os dados de medição e os dados coletados na auditoria. A análise foi efetuada utilizando-se as parcelas selecionadas para a auditoria em cada um dos projetos das duas regiões de estudo.

O erro do inventário em percentagem é composto pelo erro de amostragem e por erros de medição, os quais podem provocar impacto acentuado na variância dos dados. Uma vez detectado que a medição apresenta qualidade, pode-se inferir que o erro percentual do inventário se refere totalmente ao erro de amostragem. Erro de amostragem refere-se à fração não amostrada na floresta. No caso do processo de auditoria, este erro não deve sofrer variações, uma vez que foram medidas as mesmas parcelas e a fração não amostrada, portanto, é a mesma.

A diferença entre o erro percentual do inventário florestal da medição e o erro percentual da auditoria refere-se ao impacto provocado pela qualidade da medição sobre o erro do inventário. Portanto, a diferença entre o erro da medição e da auditoria representa o erro devido à má qualidade na condução do processo de medição.

Como, nos inventários florestais, o erro admissível é de 10%, assume-se que, se a diferença encontrada entre os erros de inventário da medição e da auditoria for superior ao erro admissível, o inventário pode ser rejeitado, pois a qualidade da medição está impactando o erro no sentido de sub ou superestimá-lo, sendo necessário realizar um novo levantamento. A diferença de erro está sendo impactada pelo número de parcelas auditadas. Assim, todas as vezes que a diferença for superior a 10%, devem-se auditar mais parcelas. Caso a diferença seja inferior a 10%, implica na não necessidade de auditar mais parcelas.

3.6.2.5 Gráficos de controle para variáveis

Com a utilização dos gráficos de controle por variáveis, procurou-se avaliar se o processo de coleta dos dados das variáveis quantitativas estava sob controle estatístico, porém, isso só pode ser feito para as características quantitativas.

Foram construídos gráficos de controle distintos para os dados das duas regiões (plana e declivosa), tendo, dentro de cada região, os dados sido separados pela idade dos plantios. Para cada idade, em cada região distinta, foram construídos gráficos, possibilitando não só a análise estatística da condição em que se encontrava o processo de coleta das características quantitativas, como também se existe alguma influência do relevo e da idade dos plantios, na mensuração de tais características.

Esses gráficos foram utilizados para a análise dos dados do erro médio absoluto em CAP, erro médio absoluto em altura total (HT) e erro médio absoluto em altura dominante (HD). Os gráficos foram gerados utilizando-se o pacote QCC do software estatístico R (versão 2.4.1). Os cálculos das médias, desvios padrões e limites de controle foram feitos utilizando-se a mesma metodologia descrita por Montgomery (2004) e Werkema (1995) para a construção de gráficos de controle para amostras de tamanho variável.

Inicialmente, foi feito, para cada amostra, o cálculo da média amostral \bar{x} e da média global ponderada $\bar{\bar{x}}$, utilizando-se as fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n} \quad \text{onde:}$$

\bar{x} - média amostral das diferenças em módulo das duas medições para cada subgrupo.

x_i - diferença da característica em módulo entre o valor da medição e da auditoria para cada indivíduo.

n - número de indivíduos mensurados dentro de cada amostra.

Com os valores de média amostral para cada subgrupo, realizou-se, então, o cálculo da média global ponderada $\bar{\bar{x}}$ pela fórmula:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \text{ onde:}$$

\bar{x} - média amostral das diferenças em módulo das duas medições para cada subgrupo.

$\bar{\bar{x}}$ - média global ponderada dos subgrupos.

n_i - número de indivíduos mensurados dentro de cada subgrupo.

m - número de subgrupos amostrados.

Posteriormente, fez-se o cálculo do desvio padrão amostral S para cada subgrupo e o desvio padrão médio ponderado \bar{S} pelas fórmulas dispostas a seguir:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \text{ onde:}$$

S - desvio padrão amostral para cada subgrupo;

x_i - diferença da característica em módulo entre o valor da medição e da auditoria para cada indivíduo;

\bar{x} - média amostral das diferenças em módulo das duas medições para cada subgrupo;

n - número de indivíduos mensurados dentro de cada amostra.

A fórmula utilizada para o cálculo do desvio padrão médio ponderado \bar{S} foi:

$$\bar{S} = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ onde:}$$

\bar{S} - desvio padrão médio ponderado;

S - desvio padrão amostral para cada subgrupo;

m - número de subgrupos amostrados.

Com os dados das médias globais ponderadas e os desvios padrões médios ponderados é possível determinar os limites de controle para cada subgrupo por meio da utilização das fórmulas descritas a seguir:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S}$$

$$LM = \bar{\bar{x}}$$

$$LSC = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{S}$$

sendo A_3 uma constante calculada em função de c_4 e n , conforme Montgomery (2004), por meio das fórmulas apresentadas a seguir:

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \qquad c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

É importante salientar que cada subgrupo (amostra) terá limites de controle próprios, sendo necessário para isso o cálculo de A_3 em função do n de cada subgrupo.

Após a determinação dos limites de controle, as linhas referentes a estes são traçadas no gráfico de controle e os dados médios da característica avaliada são plotados no gráfico, possibilitando, assim, visualizar se aquela dada amostra está ou não sob controle estatístico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação das variáveis qualitativas

Após a verificação dos procedimentos operacionais de inventário florestal, estabeleceram-se os itens que compuseram a *check-list*, ou lista de verificação, como disposto na Tabela 3, para serem observados durante a auditoria de medição. Para avaliar a eficiência da *check-list*, efetuou-se um estudo de caso, o qual envolveu projetos implantados em áreas planas e áreas declivosas, a fim de verificar o efeito desta condição no processo de medição. Os dados das Tabelas 4 e 5 referem-se aos itens qualitativos observados na *check-list*.

A *check-list* foi constituída por 15 itens que foram divididos em características quantitativas (3) e qualitativas (12) do inventário florestal. Alguns desses itens exercem influência direta no produto final do inventário florestal. Em contrapartida, existem itens que não apresentam influência direta, entretanto, são de extrema importância para a organização e a facilitação da coleta dos dados nos sucessivos inventários realizados nas mesmas parcelas. A soma de falhas nesses itens pode provocar algum impacto nos itens que afetam diretamente o inventário florestal.

TABELA 4 Número de não conformidades encontradas por item nas regiões planas dentro das parcelas e projetos avaliados.

Projetos	Parcelas avaliadas	Não conformes por item											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	3	0	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0
B	3	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	2
B1	4	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0
C	4	0	3	0	1	1	0	1	4	0	0	0	2
D	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1
E	6	0	0	0	0	1	0	3	3	0	0	6	0
F	4	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0
G	5	1	0	0	0	0	0	2	5	0	2	1	0
H	5	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	1	0
I	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
J	4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
L	5	0	1	0	0	0	1	0	5	1	0	4	0
M	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0
N	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Total		1	6	0	3	3	1	15	48	1	5	15	5

TABELA 5 Número de não conformidades encontradas por item em regiões declivosas dentro das parcelas e projetos avaliados.

Projetos	Parcelas avaliadas	Não conformes por item											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
O	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	1
P	3	0	1	2	1	1	2	0	3	0	3	2	0
Q	4	0	0	0	2	2	2	3	4	0	2	4	0
R	5	0	0	0	5	5	5	4	5	0	3	3	0
S	5	0	0	0	4	4	5	1	5	0	2	0	0
T	5	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
U	5	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0
Total		0	1	2	13	14	16	10	17	4	10	11	1

“Distância do carreador até o ponto de entrada da parcela” (1) - Essa distância tem influência direta na alocação da parcela no campo. Se esta distância apresentar medidas diferentes das anotadas no mapa, a alocação será

comprometida, afetando, assim, a aleatorização das parcelas feita no escritório, exercendo, com isso, um impacto direto na volumetria da parcela.

Das 92 parcelas analisadas no estudo de caso, houve apenas uma parcela na região plana que estava em situação de não conformidade. Portanto, a distância percorrida no carreador foi obedecida conforme constava nos mapas de campo. É importante que este ponto seja criteriosamente observado em projetos onde se instalou a parcela permanente para efetuar a 1ª medição. Posteriormente, este item da *check-list* pode ser desconsiderado nas outras medições, uma vez que as árvores já deverão estar marcadas na borda do talhão.

“Direção e distância do caminhamento do ponto de entrada até a parcela” (2) - Da mesma forma que no item anterior, este ponto é importante para a alocação das parcelas no local correto em campo, de acordo com o estabelecido no mapa confeccionado no escritório. Se a direção e a distância de caminhamento até a parcela não forem obedecidos, a parcela sofrerá um deslocamento e este terá influência direta nas características mensuradas.

Do total de parcelas avaliadas, apenas sete apresentaram problemas com relação ao posicionamento correto das mesmas em campo, sendo seis na região plana e uma na região declivosa. Estes valores referem-se, respectivamente, a 9,8% e 3,23% das parcelas avaliadas em cada região. O item 1 associado com o item 2 revelou que a locação das parcelas em campo na região declivosa foi de qualidade, porém, nas áreas planas, deve-se primar por um maior rigor das equipes quanto à alocação das parcelas.

“Árvore com o número da parcela no carreador conforme o número no mapa” (3) - Essa numeração ajuda na identificação e localização das parcelas no campo. No caso de inventários contínuos, situação na qual, de tempos em tempos, deve-se voltar à parcela para realizar nova medição, a numeração indicativa da parcela é ponto fundamental para que não haja uma desordem na coleta dos dados, além de garantir a mensuração dos mesmos

indivíduos dentro de cada parcela. Esse procedimento garante uma base sólida de dados para a modelagem do crescimento e da produção das variáveis avaliadas.

Neste item, apenas duas parcelas na região declivosa, as quais representam 6,45% das parcelas avaliadas nesta região, não apresentavam identificação nas árvores dos carregadores, o que poderá dificultar a posterior localização destas no campo, aumentando, assim, o custo relativo à remedição.

“Árvores com marcas de tintas do carregador no sentido à parcela”

(4) - As marcas de tinta nas árvores em direção à parcela têm a função de facilitar a localização da mesma, nas medições sucessivas ao longo dos anos, como no caso dos inventários florestais contínuos.

Cabe salientar que há casos em que a atividade de inventário florestal é realizada pela própria empresa, passando este item a ser fundamental no ganho em rendimento, o que atenua os custos de deslocamento, pois as parcelas serão localizadas com maior facilidade e rapidez.

Das parcelas auditadas nas duas áreas, foram encontradas três (4,9%) parcelas na região plana e treze (41,9%) parcelas na região declivosa, que não se encontravam conformes com a *check-list*. Observa-se que, na região plana, o cuidado para com a marcação das árvores foi maior que na região declivosa.

Visto que a localização da parcela é mais difícil na região declivosa, maiores cuidados devem ser solicitados as equipes de campo que trabalharão em tais áreas.

“Delimitação das parcelas (árvores dos vértices bem demarcadas)”

(5) - A marcação dos limites da parcela tem a função de auxiliar os operadores na coleta de dados dentro da parcela. Quando o operador está medindo as árvores, ao observar tais limites, saberá onde termina cada linha de plantio, determinando mais facilmente as plantas que devem ser mensuradas dentro de cada parcela.

A delimitação da parcela não foi realizada em três parcelas (4,9%) da área plana, em contrapartida quatorze (45,2%) parcelas deixaram de ser delimitadas corretamente na área declivosa. Pelo fato de a dificuldade de alocação das parcelas em área declivosa ser maior, percebe-se que, nestas áreas, o maior rigor na delimitação das parcelas deve ser observado.

“Primeira árvore da parcela com seu respectivo número e o número de plantas na parcela” (6) - Esse item tem a função de controlar as informações referentes à parcela. Ao localizar a parcela, o operador deve checar se o número presente na planilha de campo é o mesmo marcado na primeira árvore. Ao final das medições na parcela, o mesmo deve conferir se o número de plantas mensuradas é igual ao número de plantas marcado na primeira árvore.

Este controle não permite que as informações de uma parcela sejam marcadas na planilha de outra parcela diferente, impossibilitando, assim, uma possível desordem no processamento dos dados no escritório.

A auditoria mostrou que, do total de 61 parcelas da área plana, apenas 1 não estava conforme a *check-list*. Já na área declivosa, das 31 parcelas avaliadas, 16 (51,6%) se apresentaram não-conformes.

Na situação de terreno declivoso, o posicionamento da parcela obedeceu muito bem ao que foi estabelecido no mapa. No entanto, a questão das marcações nas árvores deixou a desejar. Essas marcações são úteis no processo de remediação e a falta de cuidado com estes itens pode provocar distorções na base de dados, comprometendo, assim, o estudo do crescimento e da produção da floresta.

“Número de falhas” (7) - A identificação do número de falhas existente na parcela deve ser realizada e a informação anotada na planilha de campo. Essa contagem e anotação devem ser feitas de maneira correta, para que a extrapolação dos dados da amostra para a população não venha a sofrer interferências em seus resultados, devido a falhas nesta contagem. O percentual

de falhas no povoamento interfere diretamente na estimativa do volume final da população, afetando, assim, a qualidade do inventário florestal.

As duas áreas apresentaram numerosas não-conformidades em relação a este item. Na área plana, 15 (24,6%) parcelas estavam não-conformes ao especificado no procedimento operacional e, na área declivosa, 10 (32,3%) parcelas estavam fora dos padrões especificados. Este é um aspecto complicado, uma vez que o número de falhas participa do processo de modelagem do crescimento e da produção. Esta não detecção de falhas pode estar vinculada ao descuido das equipes de medição e à irregularidade no espaçamento de plantio. É um ponto que precisa ser substancialmente repassado para as equipes de medição.

“Altura de medição da circunferência a 1,30m do solo (CAP)” (8) - Essa altura pode variar em função dos padrões utilizados por empresa, considerando-se os aspectos ergonômicos desta atividade. No Brasil, por questões de ergonomia, a mensuração da circunferência à altura do peito (CAP) é realizada a 1,3 m do solo.

É importante que essa altura de medição esteja sempre associada às medições da cubagem rigorosa, pois se isso não ocorrer o uso das fórmulas ajustadas para a estimativa do volume estará comprometido. No caso de ocorrência de deformações na árvore, a altura de medição do CAP poderá ser diferente do padrão estabelecido, porém, deve-se ter o cuidado de, sempre que possível, aproximar essa medição ao máximo do padrão.

Variações na altura de medição do CAP comprometem diretamente o volume final do povoamento, visto que as árvores apresentam forma cônica. O operador que efetuar a medição abaixo da determinação de 1,3 m do solo, possivelmente se deparará com um valor maior de circunferência do tronco, sendo a lógica inversa verdadeira para a medição acima da determinação.

A circunferência é, sem dúvida, o item que mais exerce influência no volume final do povoamento, pois deve ser elevado ao quadrado para cálculo do volume do tronco. Por ser uma variável considerada de fácil medição e de grande influência no resultado final do inventário, deve ser requisitada maior ênfase e rigor na coleta destes dados.

Este item foi o que mais não-conformidades apresentou em relação a todos os outros avaliados. Na área plana, 48 (78,7%) parcelas estavam com a medição do CAP fora da marca de 1,3 m do solo e, na área declivosa, 17 (54,8%) parcelas apresentaram o mesmo comportamento. Este foi o ponto que, seguramente, mais influenciou as diferenças volumétricas entre a auditoria e medição. É necessário que as equipes adotem um bastão de 1,30 m para a medição do CAP. Esta ação deve ser efetuada na primeira medição, quando o ponto de medição deve ser marcado, a fim de que, nas próximas medições, a mesma seja efetuada no local correto.

“Marca na altura de medição da CAP (marcação visível a 1,30m)”

(9) - A função desta marcação é a de proporcionar que, no caso de inventários florestais contínuos, a medição do CAP seja efetuada no mesmo local das medições anteriores.

O motivo para a realização de tais medições no mesmo local é a necessidade de se ajustar modelos de crescimento para que assim seja possível prever o volume futuro do povoamento e acompanhar a dinâmica da floresta, como também outras atividades que necessitam que medições ao longo dos anos sejam feitas, para que possam resultar em estimativas adequadas.

Este item também apresentou não-conformidades, porém, em número significativamente menor que os demais, sendo uma (1,6%) parcela em área plana e quatro (12,9%) em área declivosa. Por meio desses números, pode-se prever que os próximos inventários não serão influenciados pela falta de marcação da altura de medição do CAP nas árvores. No entanto, essas

marcações estão incorretas, uma vez que o item altura de medição do CAP foi de maior erro. Assim, para o processo de remedição, não haverá problema de medição em local errado do CAP ao longo do tempo. Porém, se a marcação foi acima ou abaixo, o processo tenderá a sub ou a superestimar o volume do povoamento. Dessa forma, a altura de medição e a sua marcação são de extrema importância no processo de medição da floresta.

“Seleção das árvores dominantes corretamente” (10) - A seleção das árvores dominantes tem impacto na sequência dos ajustes realizados com a informação provinda dessas árvores, sendo os principais ajustes a classificação de sítios e os modelos de crescimento.

É importante ressaltar que os erros gerados pela escolha inadequada das árvores dominantes irão sempre causar uma subestimativa nas informações, visto que é impossível a escolha de árvores mais altas que as dominantes, o que geraria um erro de superestimativa.

O número de parcelas não conformes neste item foi de cinco (8,2%) na área plana e de dez (32,3%) em área declivosa.

“Área da parcela” (11) - A área da parcela é utilizada nos cálculos do volume da população, sendo esses cálculos feitos por meio de extrapolações do volume/parcela para volume/ha. É por essa razão que a área da parcela deve ser determinada corretamente, pois possíveis erros vão acarretar sub ou superestimativas nos valores do volume final.

Se a área real que foi inventariada for maior do que a colocada na ficha de campo, o erro será de superestimativa, porém, se a área real for menor do que a colocada na ficha de campo, este erro passa a ser de subestimativa.

Estes erros afetariam o volume final do povoamento, como já foi mencionado anteriormente, atingindo também a qualidade do inventário florestal, comprometendo, com isso, o planejamento futuro da empresa.

O total de parcelas não conformes neste item foi de quinze (24,6%) para área plana e de onze (35,5%) para área declivosa. Tendo em vista a importância do tamanho correto da parcela, este item deve ser exaustivamente discutido no treinamento das equipes de medição.

“Número de árvores com mensuração de altura” (12) - O número de árvores a ter sua altura mensurada deve ser definido por uma relação do custo da efetivação desta atividade e a precisão almejada no ajuste da relação hipsométrica. Via de regra, quanto mais árvores forem mensuradas em uma parcela, melhor a precisão dos seus ajustes.

Como a relação hipsométrica é utilizada para a estimativa das alturas das árvores que não foram mensuradas, e estas são utilizadas para o cálculo do volume das parcelas, a precisão do ajuste vai ter influência direta no cálculo dos volumes por parcela e, assim, no volume final do inventário.

O número de árvores com mensuração de altura não estava conforme em seis parcelas auditadas, sendo cinco (8,2%) parcelas da área plana e uma (3,2%) parcela da área declivosa.

A soma dos itens não conformes dentro dos projetos não apresentou nenhuma relação com as idades dos plantios. Com isso, presume-se que a não-conformidade com os procedimentos operacionais estabelecidos pela empresa esteja relacionada com a rigorosidade das equipes, ou seja, se a equipe preza em cumprir corretamente o procedimento operacional, independentemente de ela encontrar-se em um plantio jovem ou maduro, o número de não-conformidades será mínimo.

Proporcionalmente, o número de não-conformidades por item foi maior em área declivosa do que na área plana. No total, oito itens apresentaram valores percentuais superiores de não-conformidade na área declivosa, tendo, na área plana, este número sido de quatro itens. Este fato pode ser devido à maior dificuldade encontrada na alocação e medição de parcelas em relevo acidentado

e também devido ao maior desgaste das equipes de campo em tais situações, o que pode influenciar o desempenho da atividade.

4.2 Análise das variáveis quantitativas

4.2.1 Estatísticas descritivas

Nos gráficos das Figuras 4, 6 e 8 observam-se as medidas de posição e dispersão para as características circunferência à altura do peito (CAP), altura total (HT) e altura dominante (HD), para as informações das equipes de medição e auditoria em áreas planas, e nas Figuras 5, 7 e 9, essas mesmas informações são encontradas, porém, para as áreas declivosas.

Verificou-se, para CAP, uma forte semelhança entre os valores médios da auditoria e medição, o mesmo ocorrendo com o coeficiente de variação. Esse fato indica semelhança entre os valores auditados e mensurados, podendo-se considerar como sendo de boa qualidade a medição do CAP. Este padrão de comportamento foi verificado para os projetos em áreas planas e áreas declivosas. Portanto, a condição topográfica não influenciou a qualidade da medição.

Para altura total e altura dominante, houve maior diferenciação entre as médias e os valores dos coeficientes de variação. Isso ocorreu devido à maior dificuldade em mensurar essas características no povoamento florestal, seja em áreas planas ou acidentadas.

As análises dos gráficos a seguir devem ser realizadas em centímetros e em metros, quando da leitura de médias, e em porcentagem quando da leitura do coeficiente de variação (CV).

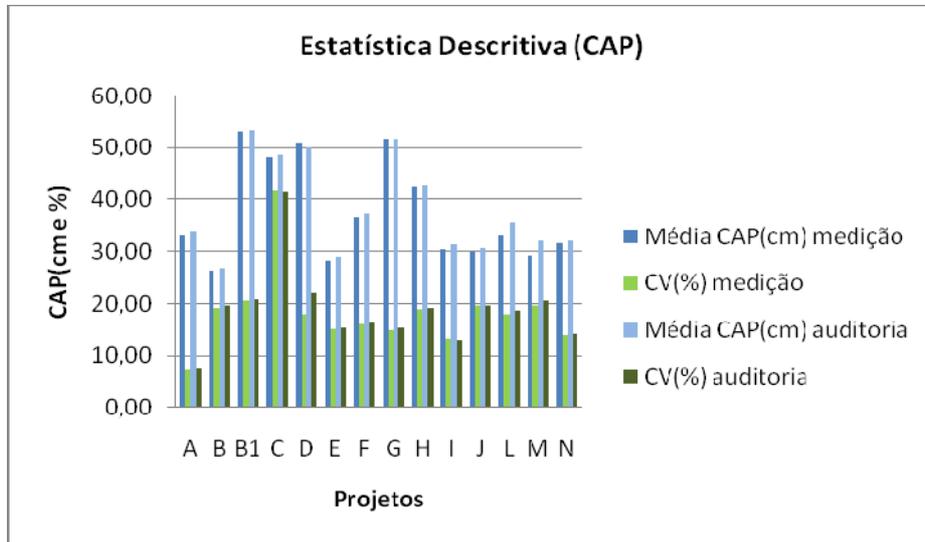


FIGURA 4 Medidas de posição e dispersão do CAP por projeto em áreas planas.

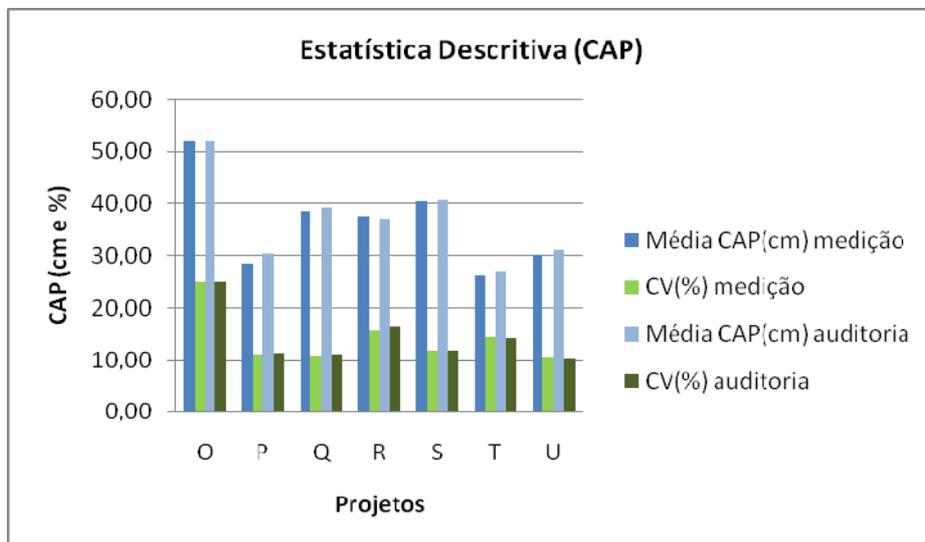


FIGURA 5 Medidas de posição e dispersão CAP por projeto em áreas declivosas.

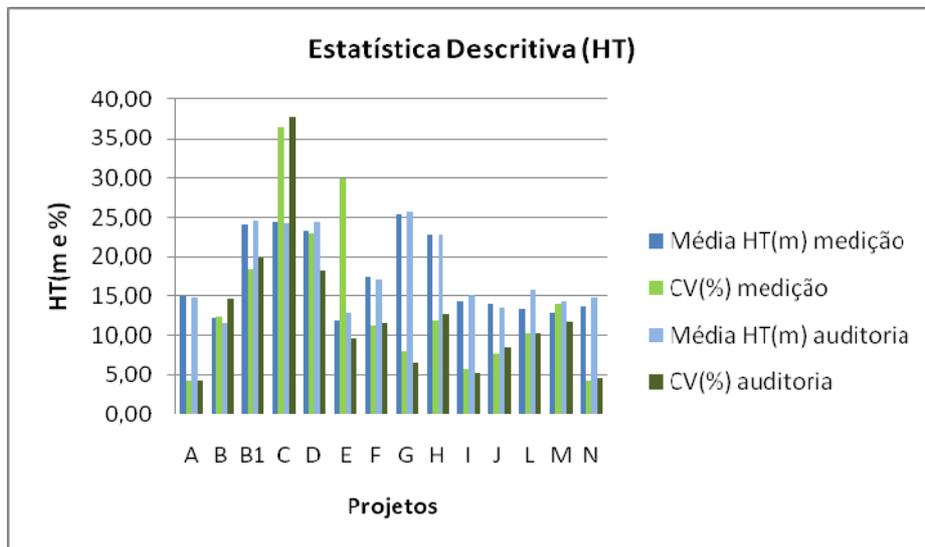


FIGURA 6 Medidas de posição e dispersão da altura total (HT) por projeto em áreas planas.

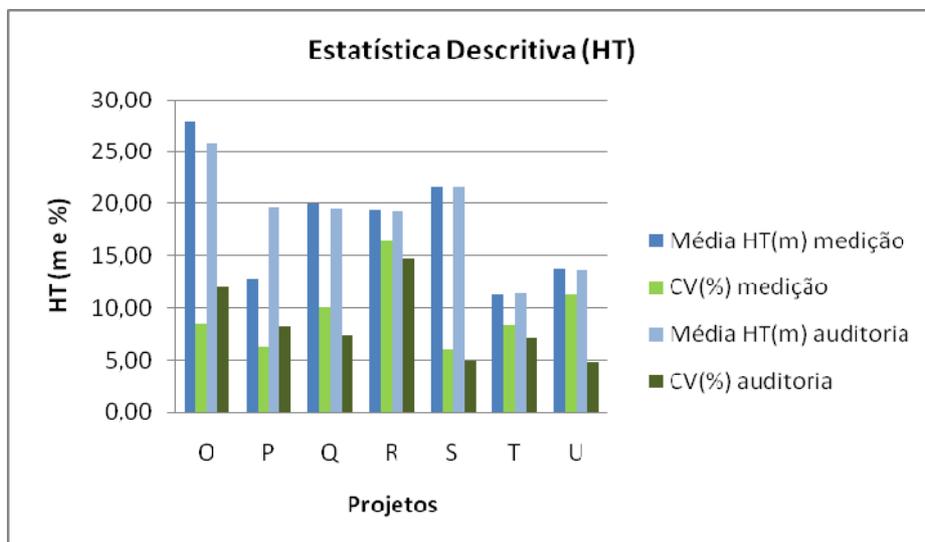


FIGURA 7 Medidas de posição e dispersão da altura total (HT) por projeto em áreas declivosas.

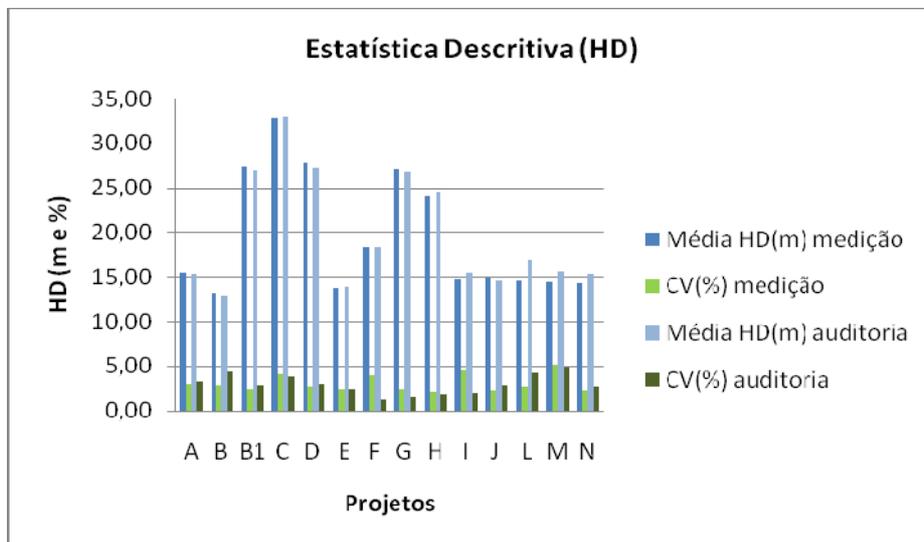


FIGURA 8 Medidas de posição e dispersão da altura dominante (HD) por projeto em áreas planas.

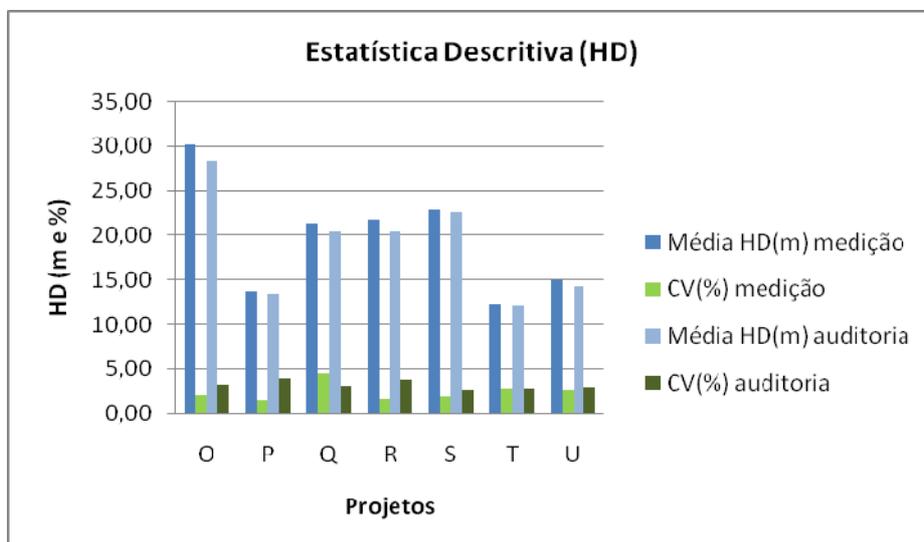


FIGURA 9 Medidas de posição e dispersão da altura dominante (HD) por projeto em áreas declivosas.

4.2.2 Processamento do inventário florestal

No intuito de verificar o impacto das diferenças entre auditoria e medição, efetuou-se o processamento do inventário com a base de dados da auditoria e a base de dados da medição, com as mesmas parcelas. As informações de volume médio e erro percentual do processamento do inventário para os projetos localizados em áreas planas encontram-se na Tabela 6. Estas mesmas informações estão na Tabela 7, porém, referentes à auditoria realizada em área declivosa.

TABELA 6 Médias e erros de inventário obtidos pela equipe de medição e de auditoria nos projetos da região plana

Projeto	Média		Erro de inventário %	
	Medição	Auditoria	Medição	Auditoria
A	3,9487	4,1004	12,74	12,98
B	2,0301	1,9821	103,12	87,39
B1	15,5190	16,6068	29,95	35,73
C	15,6487	16,0090	21,43	30,18
D	16,6335	16,4327	30,85	20,09
E	2,6555	2,7999	14,48	13,01
F	5,2990	5,3913	13,39	13,09
G	15,7202	16,0331	16,68	15,77
H	9,7104	9,9121	13,84	10,34
I	3,8200	4,2237	27,00	31,53
J	3,7069	3,6901	47,45	46,88
L	4,2945	5,9935	3,56	10,12
M	3,0113	4,1874	40,36	35,21
N	3,9339	4,0722	21,36	20,45

TABELA 7 Médias e erros de inventário obtidos pela equipe de medição e de auditoria nos projetos da região declivosa.

Projeto	Média		Erro de inventário (%)	
	Medição	Auditoria	Medição	Auditoria
O	16,5526	14,8877	13,52	7,49
P	2,4043	2,7644	64,27	97,56
Q	6,5923	6,4986	14,17	13,96
R	5,5638	5,9038	26,46	23,97
S	7,6715	7,8058	29,31	32,16
T	1,8420	1,9569	44,17	44,92
U	2,7272	2,9328	15,21	7,72

Nas duas áreas existe uma tendência de subestimativa dos valores de volume médio dos projetos. Em área plana, do total de quatorze projetos, onze (78,5%) se apresentaram subestimados contra três (21,5%) superestimados e, na área declivosa, do total de sete projetos, cinco (71,4%) apresentavam subestimativas, contra dois (28,6%) superestimados, comprovando, assim, tal tendência. Pelos gráficos das Figuras 10 e 11 é possível perceber melhor a magnitude desta tendência.

Verificando-se os gráficos das Figuras 4 a 9, foi possível detectar que os valores médios da auditoria apresentam-se superiores aos da medição, para as características quantitativas. São estas características que afetam a volumetria final, comprovando assim tal tendência.

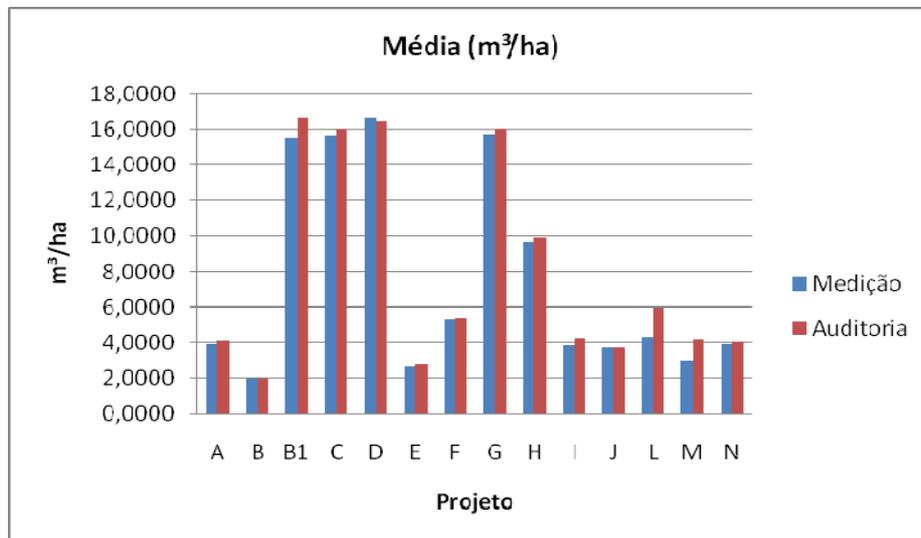


FIGURA 10 Valores médios da auditoria e medição para os projetos avaliados em área plana.

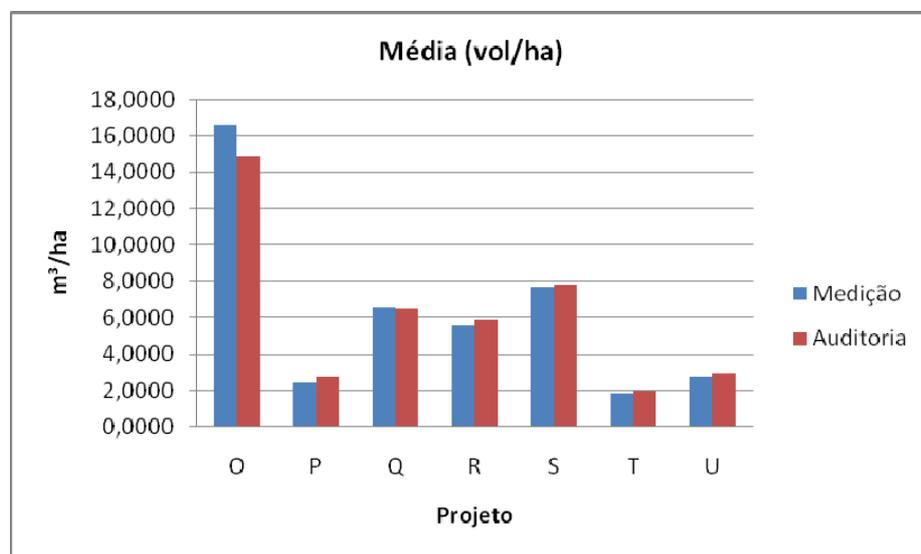


FIGURA 11 Valores médios da auditoria e medição para os projetos avaliados em área declivosa.

Com relação ao erro de amostragem percentual, é importante avaliar o impacto da qualidade da medição sobre o erro. Conceitualmente, erro do inventário refere-se somente a fração não amostrada. No entanto, a estimativa do erro padrão da média (precisão), a partir do qual se gera o erro do inventário, é obtida utilizando-se a variância entre as informações por parcela (Scolforo & Mello, 2006). Como os erros de medição têm impacto direto no cálculo da variância, seguramente haverá influência no erro do inventário.

Pelos dados da Tabela 6, pode-se observar que houve projetos com diferenças significativas entre o erro da medição e o da auditoria. No caso do projeto B, os valores médios foram semelhantes, no entanto, a diferença no erro do inventário em percentagem, foi de 15,7%. No projeto D, a diferença foi de 10,8%. Em área plana, estes foram os dois únicos projetos cuja diferença do erro de inventário foi superior a 10%. Dentre os projetos avaliados em área declivosa, apenas o projeto P apresentou diferença de 33,3%.

Admitindo-se que o erro máximo para o inventário florestal seja de 10%, se a diferença entre os erros da auditoria e da medição for superior a este valor, o projeto deve ser remedido. Dentre os 21 projetos avaliados neste estudo, apenas três deveriam ter sido remediados. Percentualmente, este número representa, aproximadamente, 14,3% dos projetos avaliados.

4.2.3 Gráficos de controle

Neste tópico é necessário se fazer algumas considerações antes da análise dos gráficos. Dessa forma, como os gráficos de controle foram desenvolvidos, na sua essência, para controlar estatisticamente processos contínuos, neste trabalho foi necessário proceder algumas adaptações nas análises, pois, no processo de inventário florestal, as auditorias foram pontuais, em que as não-conformidades ocorridas em uma parcela não têm relação direta

com outra parcela. Por esse motivo, não se analisou se os pontos apresentavam comportamento sistemático ou não-aleatório.

Outro ponto a ser considerado é que, no caso de gráficos de controle de processos industriais, os pontos abaixo e acima dos limites de controle calculados, teoricamente, estão fora de controle estatístico. Já no processo de inventário, pontos abaixo dos limites inferiores de controle significam que a medição foi feita corretamente, podendo esses pontos ser definidos como padrões em levantamentos futuros.

A análise dos gráficos de controle da característica CAP por idade dos plantios permitiu visualizar que, de forma geral, os erros médios absolutos da medição dessa característica possuem valores maiores nas menores idades. Esse mesmo comportamento pode ser observado tanto em áreas planas quanto em áreas declivosas. Os erros das medições tendem a ficar dentro dos limites de controle calculados, à medida que o plantio envelhece.

No gráfico da Figura 12 foi possível observar que, das 28 parcelas nas quais foi avaliado o erro médio absoluto em CAP, na idade de 2 anos, em área plana, 15 se encontravam abaixo do limite inferior de controle, 10 estavam acima do limite superior de controle e 3, dentro dos limites de controle. A medição do CAP nas parcelas que se encontram abaixo do limite inferior e dentro dos limites pode ser considerada de qualidade, já que a diferença média entre os dados de CAP coletados pela medição e pela auditoria foi inferior ao limite inferior de controle calculado. O mesmo raciocínio pode ser empregado na análise dos gráficos dos erros absolutos em CAP dos Anexos 1, 2 e 3 da área plana e Anexos 4, 5, 6 e 7 da área declivosa.

As parcelas que se encontram acima do limite superior de controle apresentaram erros maiores na medição do CAP. Este fato pode estar ocorrendo por dois motivos. Um deles é que a equipe de campo pode estar utilizando o instrumento de medição de forma incorreta ou mesmo com defeito; o outro pode

ser a tendência que algumas equipes têm em subestimar os volumes do inventário, realizando medições de CAP acima do especificado, pois, dessa forma, não comprometem o planejamento da empresa. Isso porque se o volume real retirado da área for maior que o inventariado, a empresa “lucrará” e, de alguma forma, processará essa madeira, o que não acontecerá se o volume for a menor.

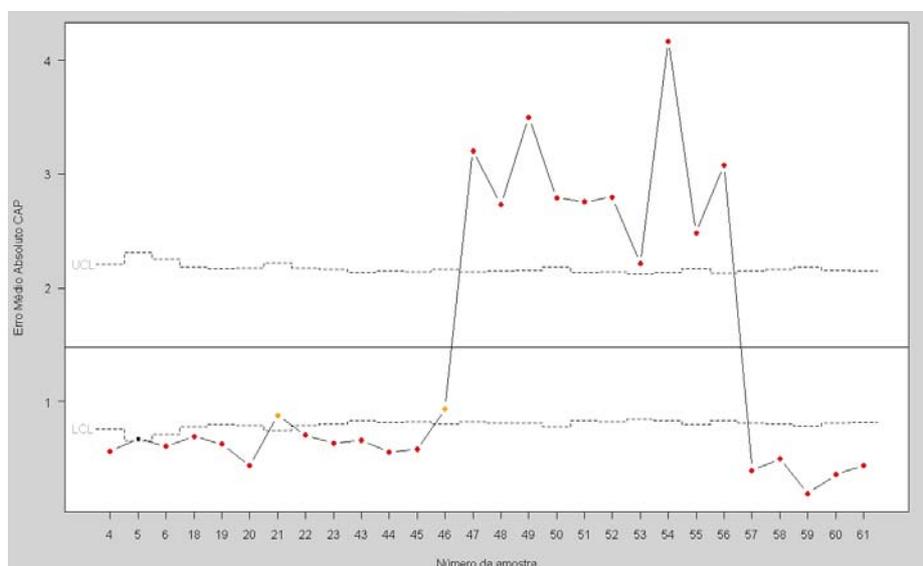


FIGURA 12 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de dois anos, em área plana.

Observando-se os gráficos dos erros absolutos em CAP nas várias idades e em diferentes regiões, constatou-se que o valor da escala dos erros diminuiu, o que nos remete a diferenças menores entre o CAP da equipe de medição e o medido pela auditoria. Sendo assim, à medida que os plantios ficam mais velhos, a diferença tende a diminuir.

No gráfico de controle dos erros absolutos em altura total (HT) na idade de dois anos da área declivosa, apresentado na Figura 13, é possível visualizar

que, das treze parcelas auditadas, apenas uma estava acima do limite superior de controle, tendo as outras doze ficado dentro dos limites de controle calculados, mostrando, assim, que a qualidade da medição foi boa. O mesmo raciocínio deve ser empregado na análise dos gráficos dos Anexos 8, 9, 10 e 11 da área plana e Anexos 12, 13 e 14 da área declivosa.

Os gráficos de controle para altura total (HT) apresentaram tendência de diminuição do erro médio absoluto, à medida que os plantios envelhecem, a exceção dos plantios de sete anos da área declivosa, nos quais constatou-se que os valores dos erros aumentaram consideravelmente, como pode ser visualizado no Anexo 14.

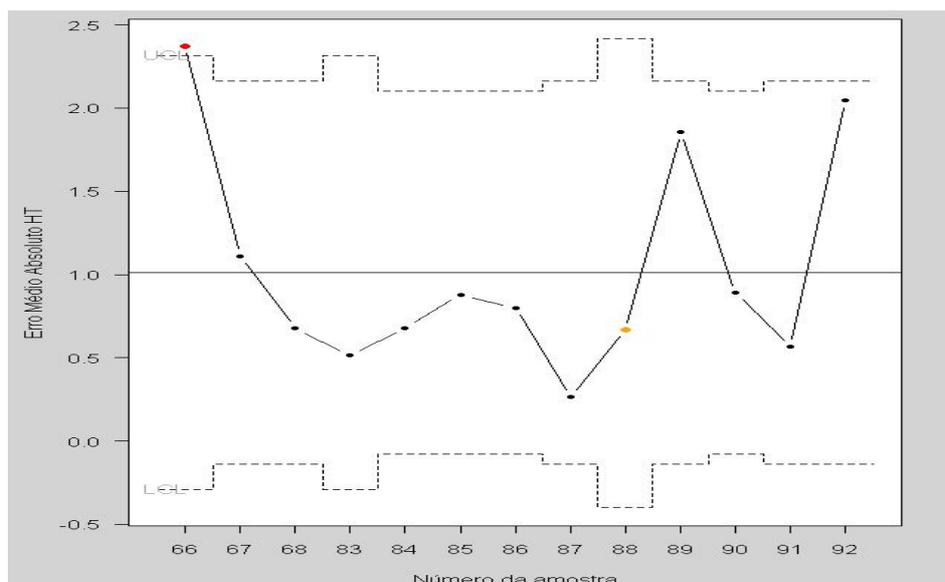


FIGURA 13 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de dois anos em área declivosa.

Pela análise dos gráficos de controle dos Anexos 15, 16, 17 e 18 da área plana, os quais se referem à altura dominante (HD) nas diferentes idades, constatou-se tendência na diminuição dos erros médios absolutos, à medida que

os plantios ficam mais velhos. Já nos gráficos dos Anexos 19, 20, 21 e 22, referentes a erro absoluto em altura dominante (HD) em área declivosa, o comportamento foi aleatório quanto à escala dos erros, porém, as parcelas tendem a ficarem dentro dos limites à medida que os plantios envelhecem.

5 CONCLUSÕES

A *check-list* proposta mostrou ser uma ferramenta de grande importância para auxiliar na coleta das informações referentes à qualidade das medições em um inventário florestal. Por meio da análise das características quantitativas e qualitativas, foi possível verificar pontos de estrangulamento na medição, a partir dos quais se pode balizar o treinamento das equipes de medição.

As não-conformidades nos itens qualitativos da *check-list*, dentro de cada projeto, não apresentaram nenhuma relação com as idades dos projetos auditados. O maior número de não-conformidades ocorreu em área declivosa, o que pode ser devido à maior dificuldade na alocação e medição de parcelas neste tipo de relevo. Portanto, o treinamento de equipes que trabalham em áreas de relevo íngreme deve focar os aspectos referentes à quantificação do número de falhas, altura de medição do CAP, área da parcela e medição do CAP e da altura.

Por meio da comparação entre o inventário realizado com base nas informações das parcelas medidas pelas equipes de medição e o processado com base nas medições da equipe de auditoria, constatou-se a existência de uma tendência em subestimar os volumes finais em áreas planas e declivosas.

A adaptação de gráficos de controle para avaliação da qualidade das medições de CAP, HT e HD contribui para a melhor visualização das falhas no processo de medição e permite que essas falhas sejam detectadas e corrigidas. Pela análise dos gráficos de controle, percebe-se que os erros de medição de CAP diminuem em plantios maduros.

Como método quantitativo para validação da qualidade de um inventário florestal, propõe-se a comparação entre os resultados do inventário processados com os dados das parcelas medidas pelas equipes de medição e os da equipe de auditoria, associados aos gráficos de controle.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *check-list* elaborado no presente estudo foi com base no procedimento operacional (PO) do inventário florestal da empresa. Esse procedimento operacional deve ser de conhecimento de todos os membros envolvidos no processo de medição. Como o PO varia de empresa para empresa, os itens da *check-list* também devem variar, a fim de atender aos objetivos dos levantamentos florestais. É importante que o PO do inventário florestal contemple os pontos fundamentais, para que o levantamento seja executado com qualidade. Nessa perspectiva, a elaboração e a execução da *check-list* são de extrema importância para a avaliação da qualidade do inventário.

Outro aspecto importante no contexto de controle de qualidade da medição em florestas é que a auditoria deve ser realizada, no máximo, 30 dias após a medição. Este fato é importante para que as características dendrométricas não aumentem as dimensões, comprometendo a auditoria. A equipe de auditores deve ser fixa e nenhum membro das equipes de medição deve fazer parte do processo de medição durante a auditoria. As fichas de medição com os dados originais devem acompanhar a equipe de medição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon, 1970. 506 p.

BARROS, J. W. D. **Planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo para implantação de florestas de Eucalyptus sp utilizando o método desdobramento da função qualidade (QFD)**. 2001. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. Rio de Janeiro: USAID, 1963. 555 p.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: J. Olímpio, 1990. 327 p.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990. 367 p.

FASSOLA, H. E. **Gestión de la calidad del proceso de trabajo de poda en una PYME de servicios forestales**. 2001. 107 p. Tesis (Maestría)- Universidad Nacional de Misiones, Misiones.

FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 863 p.

FREITAS, M.; SILVA, A. P.; CANERA, R. A.; BEIG, O. **Avaliação e controle de qualidade em florestas de eucaliptos**. Piracicaba: IPEF, 1980. 8 p. (Circular técnica, 91).

GARLIPP, R. C. D. Certificação florestal. **O Papel**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 129-35, jan. 1995.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. 110 p.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221 p.

JACOVINE, L. A. G. **Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos custos de colheita florestal semi-mecanizada**. 1996. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, maio/jun. 2005.

JURAN, J. M. **Planejando para a qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990. 394 p. (Coleção Novos Ubrais).

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade**: componentes básicos da função qualidade. São Paulo: Makron Books, 1991.

LONGO, R. M. J. **Gestão da qualidade**: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. Brasília: IPEA, 1996. 16 p. (Texto para Discussão, 397).

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científico, 1984. 223p.

MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 395p.

MONTEIRO, W. A. **Proposta de controle de qualidade nas operações de silvicultura e carvoejamento**. Lassance: Cimetal Florestas, 1985. 18p.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004. 513 p.

OLIVEIRA, M. S.; MUNIZ, J. A. **Controle estatístico e gestão da qualidade**. 2000. 129 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Matemática e Estatística) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2004. 339 p.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade no processo**: a qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo: Atlas, 1995. 286 p.

PAULA, R. A. **Metodologia para determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto**. 1997. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PRAZERES, P. M. **Dicionário de termos da qualidade**. São Paulo: Atlas, 1996. 456 p.

ROBLES JUNIOR, A. **Custos de qualidade**: uma estratégia para competição global. São Paulo: Atlas, 1994. 135 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. 2006. 561 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Manejo de Florestas Nativas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria Florestal**: medição, volumetria e gravimetria. 2004. 285 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Manejo de Florestas Nativas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SHEWHART, W. A. **Economic control of quality of manufactured product**. 2. ed. New York: Van Nostrand, 1931.

SUITER FILHO, W.; RESENDE, G. C.; MENDES, C. J.; MORAES, T. S. A. **Proposta para controle da qualidade em florestas de eucalipto**: primeira aproximação. Belo Horizonte: Companhia Agrícola e florestal Santa Bárbara, 1980. 23 p.

SZACHER, M. L. Qualidade: filosofia aliada à técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCPT, 1986. p. 1-13.

TRINDADE, C. **Análise da gestão da qualidade na empresa florestal**. Viçosa, MG. 2000. 141 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**. 1993. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

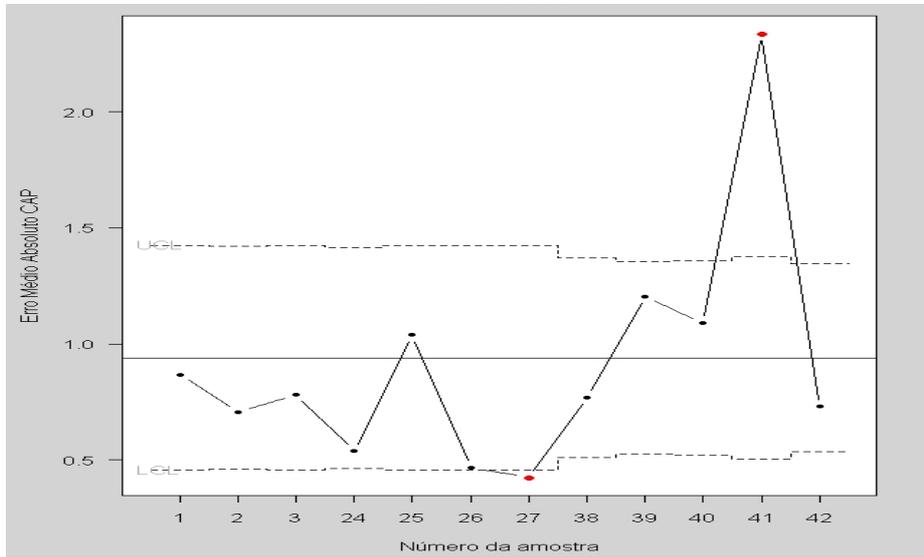
TRINDADE, C.; REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; SARTORIO, M. L. **Ferramentas da qualidade**: aplicação na atividade florestal. Viçosa, MG: UFV, 2001. 124 p.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 404 p.

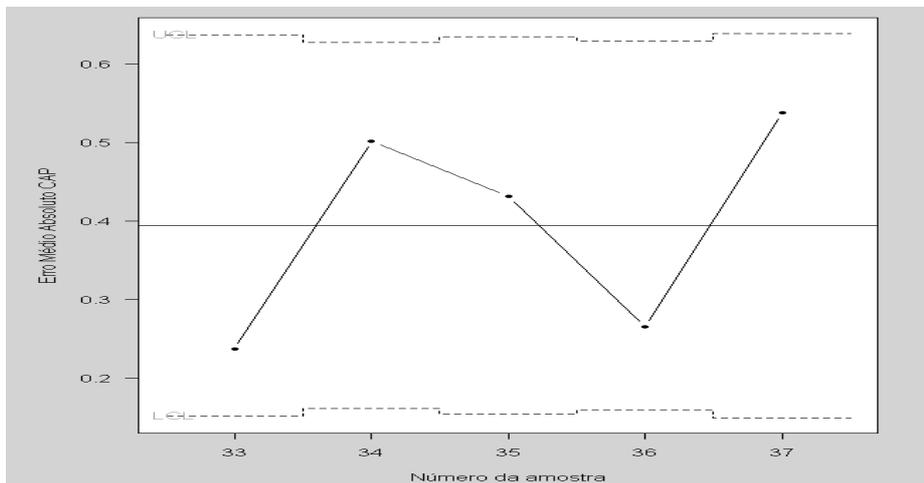
ANEXOS

ANEXO 1 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 3 anos em área plana	62
ANEXO 2 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 4 anos em área plana	62
ANEXO 3 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 6 anos em área plana	63
ANEXO 4 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 2 anos em área declivosa	63
ANEXO 6 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 5 anos em área declivosa	64
ANEXO 7 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de 7 anos em área declivosa	65
ANEXO 8 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 2 anos em área plana.....	65
ANEXO 9 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 3 anos em área plana.....	66
ANEXO 10 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 4 anos em área plana	66
ANEXO 11 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 6 anos em área plana.....	67
ANEXO 12 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 3 anos em área declivosa	67
ANEXO 13 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 5 anos em área declivosa	68
ANEXO 14 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de 7 anos em área declivosa	68

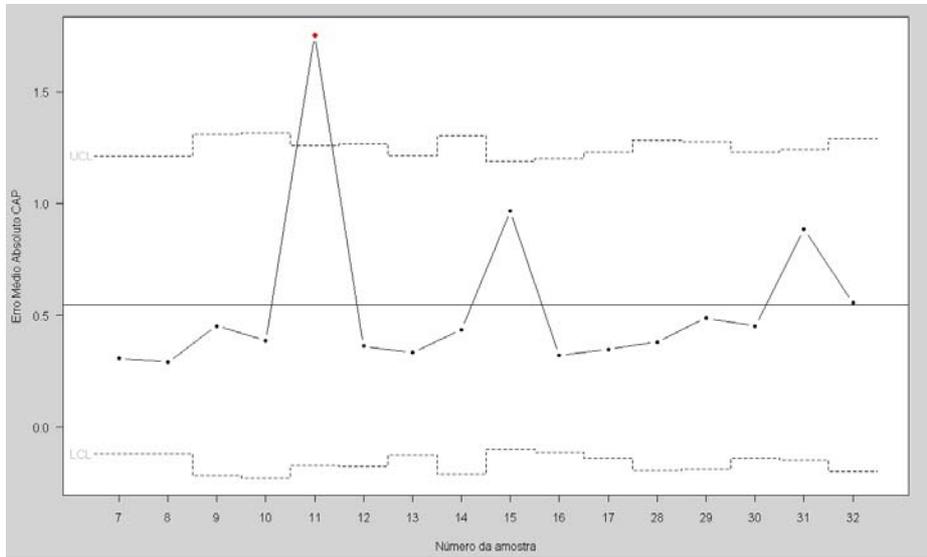
ANEXO 15 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 2 anos em área plana.	69
ANEXO 16 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 3 anos em área plana.....	69
ANEXO 17 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 4 anos em área plana.....	70
ANEXO 18 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 6 anos em área plana.....	70
ANEXO 19 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 2 anos em área declivosa.	71
ANEXO 20 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 3 anos em área declivosa.	71
ANEXO 21 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 5 anos em área declivosa.	72
ANEXO 22 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de 7 anos em área declivosa.	72



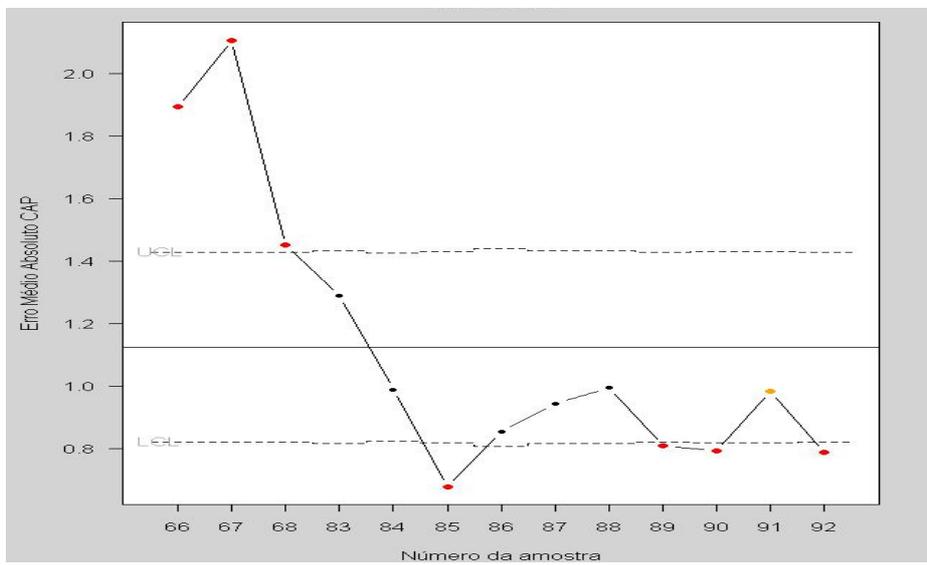
ANEXO 1 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de três anos, em área plana.



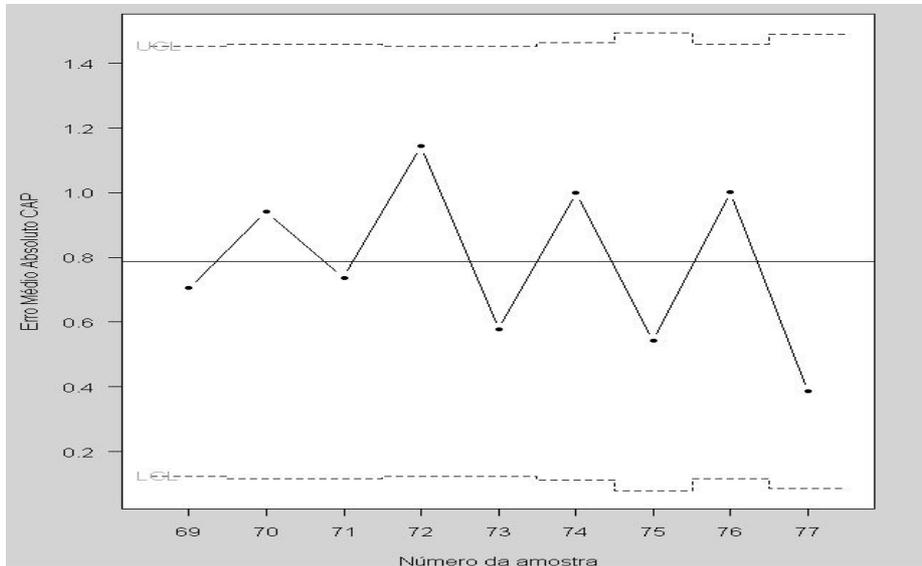
ANEXO 2 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de quatro anos, em área plana.



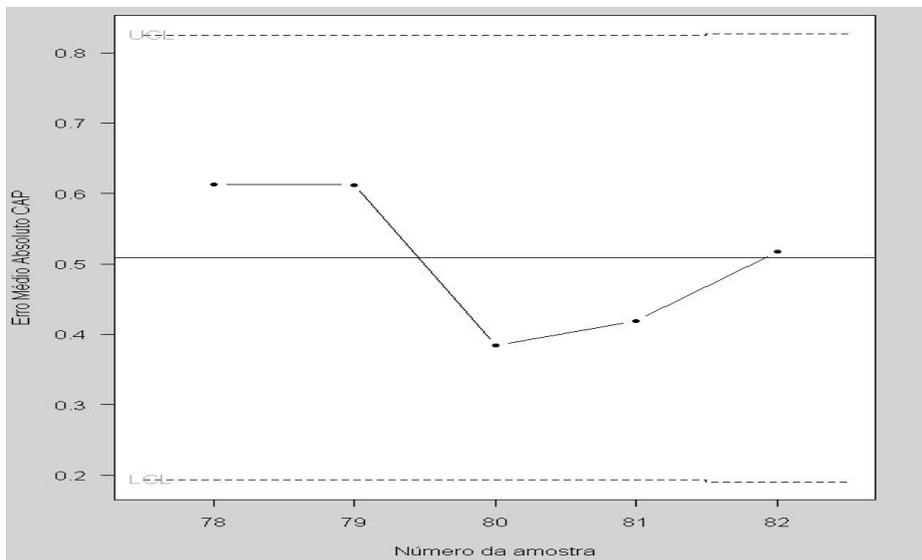
ANEXO 3 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de seis anos, em área plana.



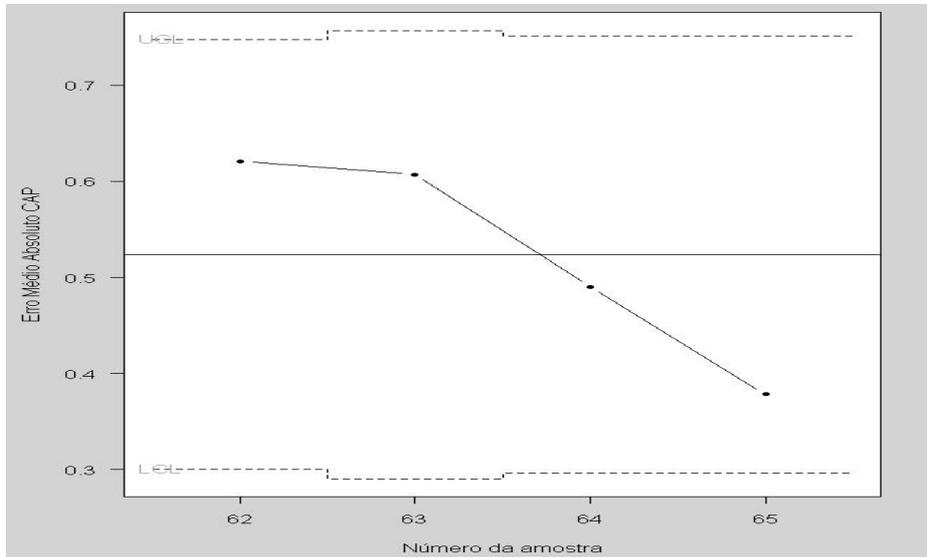
ANEXO 4 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de dois anos, em área declivosa.



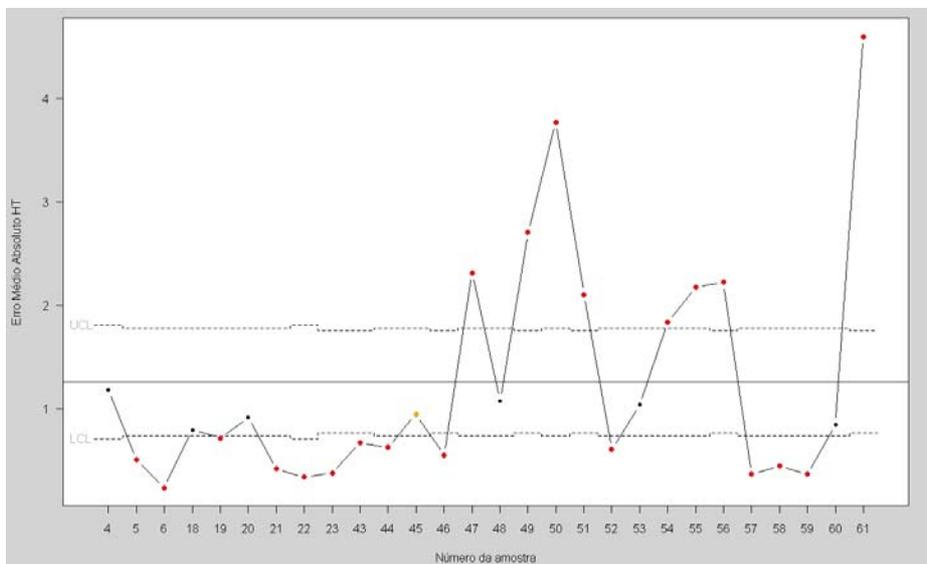
ANEXO 5 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de três anos, em área declivosa.



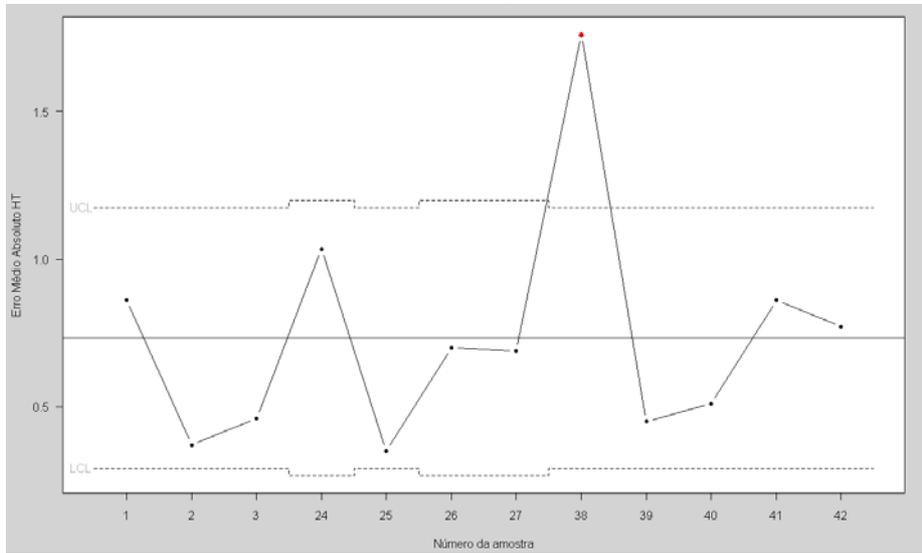
ANEXO 6 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de cinco anos, em área declivosa.



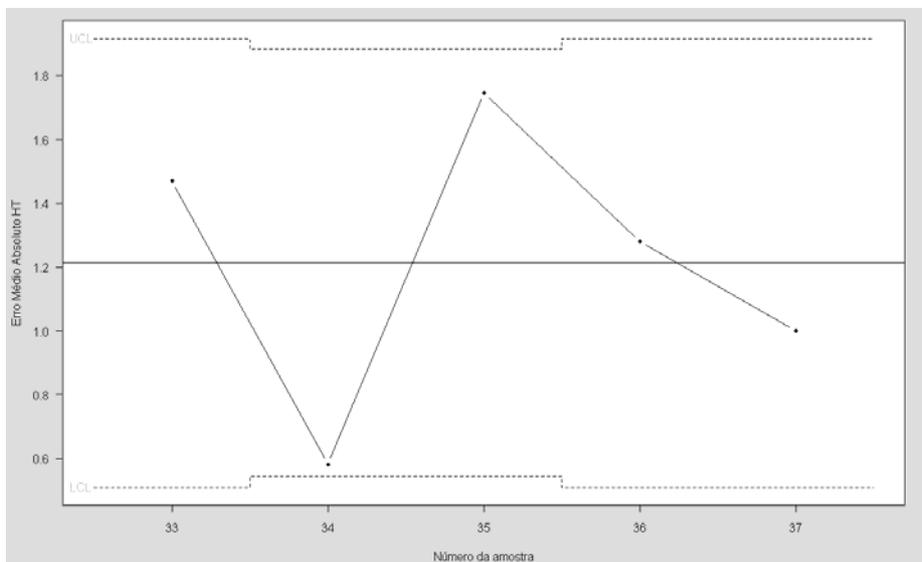
ANEXO 7 Gráfico de controle para erro médio absoluto CAP na idade de sete anos, em área declivosa.



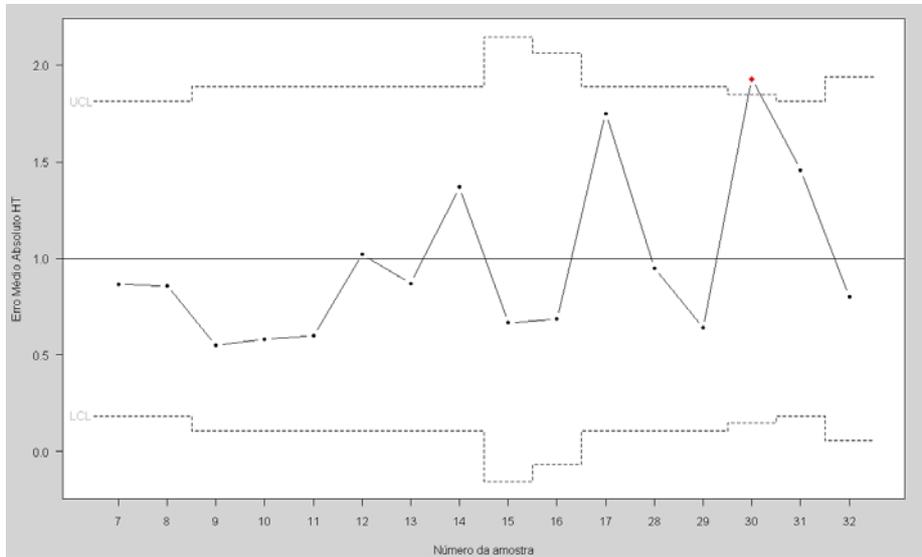
ANEXO 8 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de dois anos, em área plana.



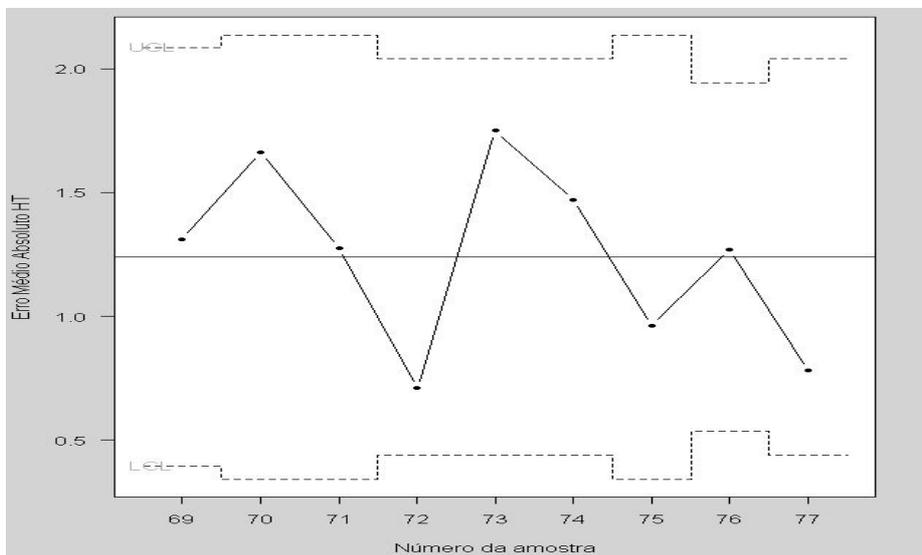
ANEXO 9 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de três anos, em área plana.



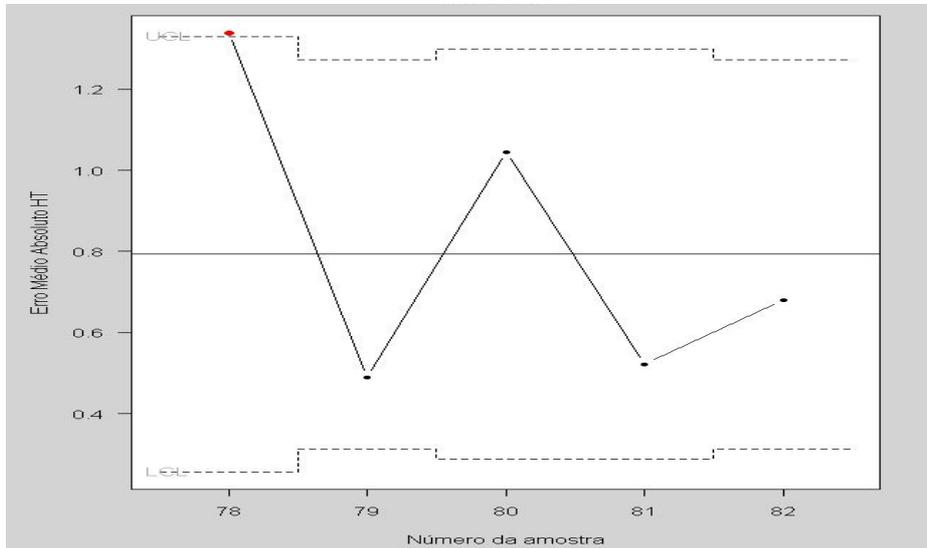
ANEXO 10 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de quatro anos, em área plana.



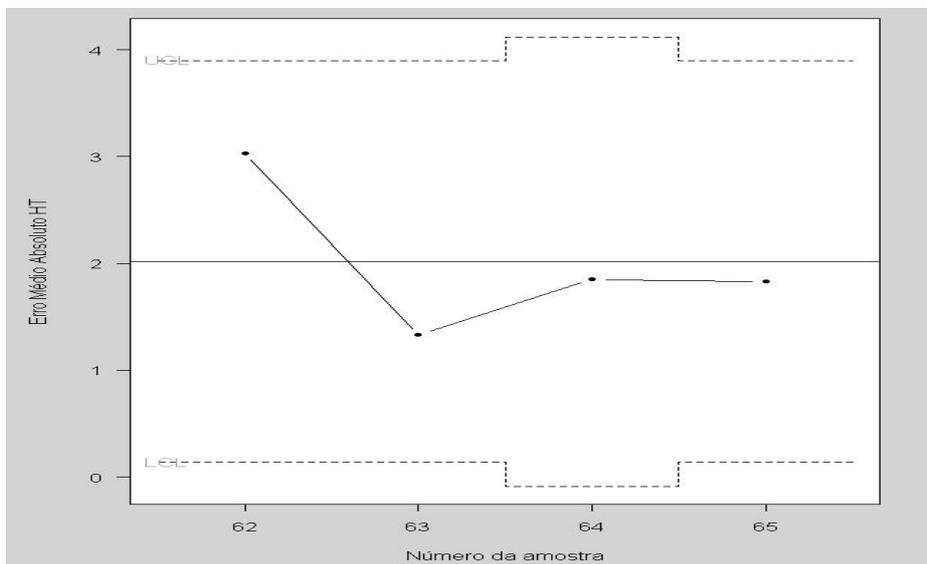
ANEXO 11 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de seis anos, em área plana.



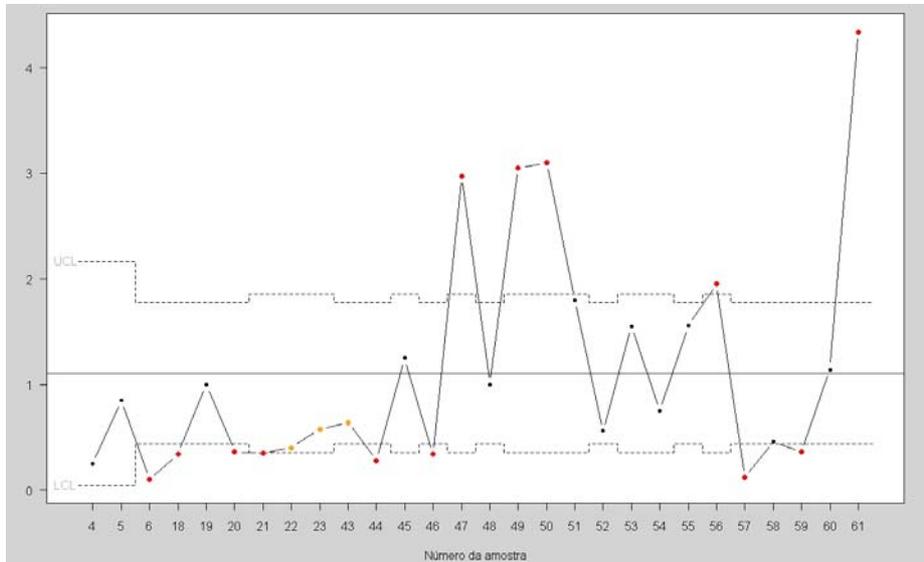
ANEXO 12 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de três anos, em área declivosa.



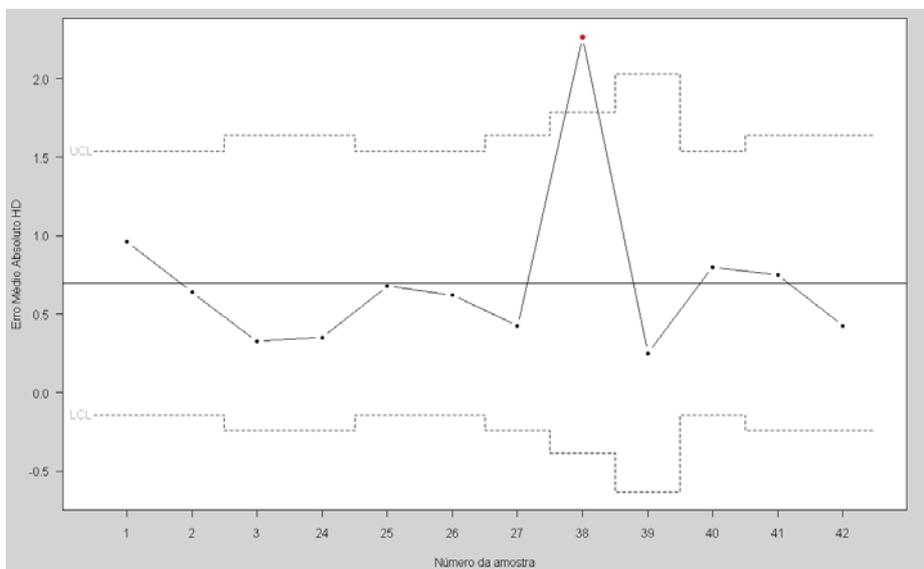
ANEXO 13 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de cinco anos, em área declivosa.



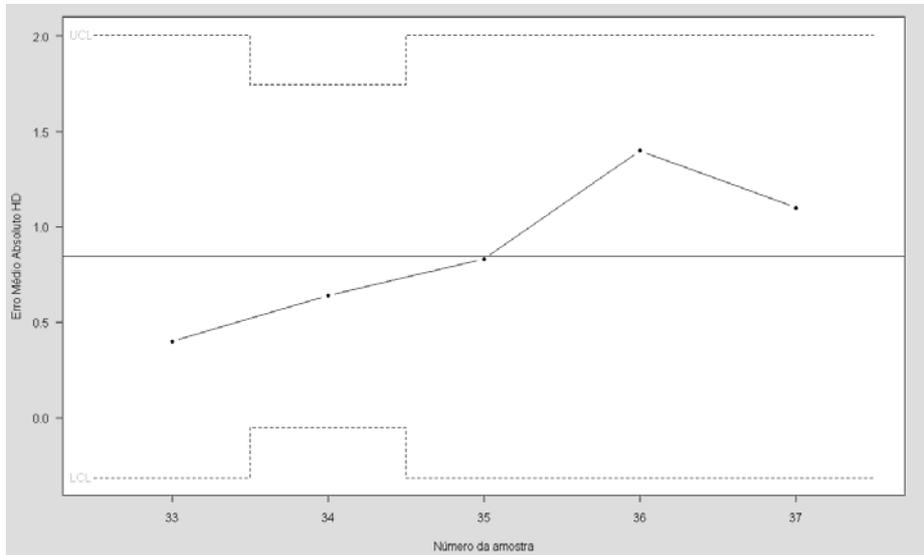
ANEXO 14 Gráfico de controle para erro médio absoluto HT na idade de sete anos, em área declivosa.



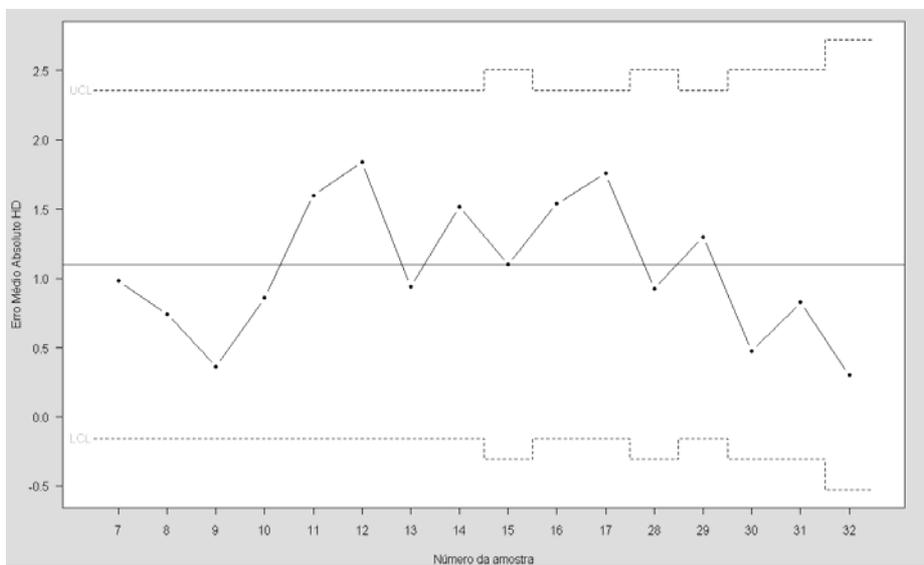
ANEXO 15 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de dois anos, em área plana.



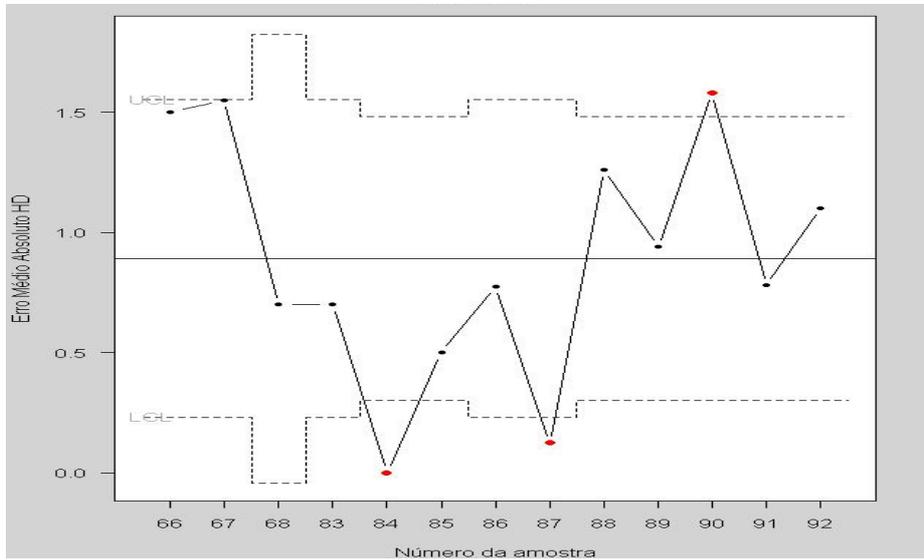
ANEXO 16 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de três anos, em área plana.



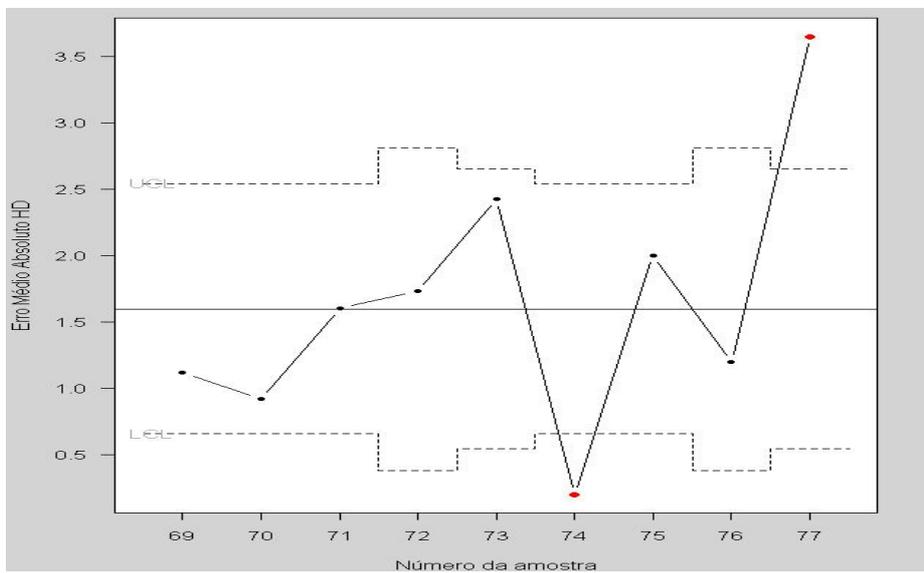
ANEXO 17 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de quatro anos, em área plana.



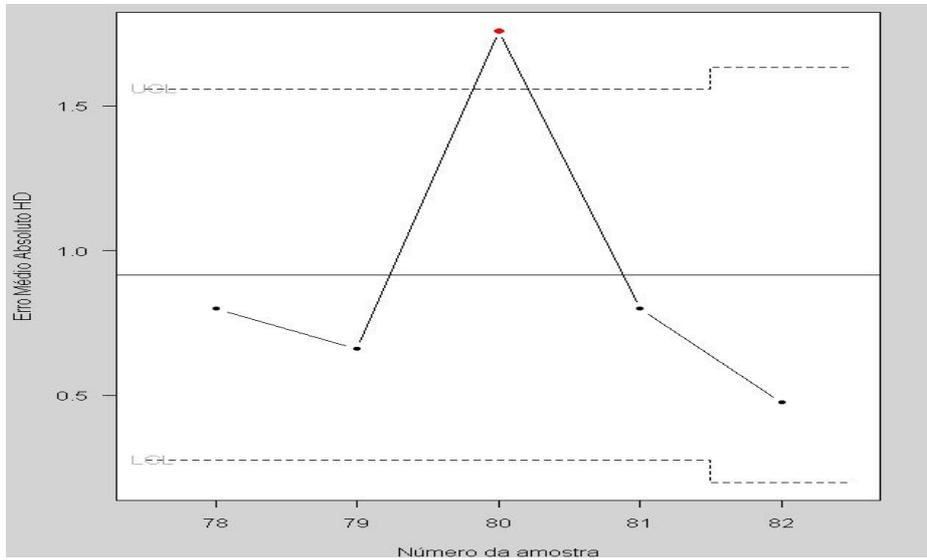
ANEXO 18 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de seis anos, em área plana.



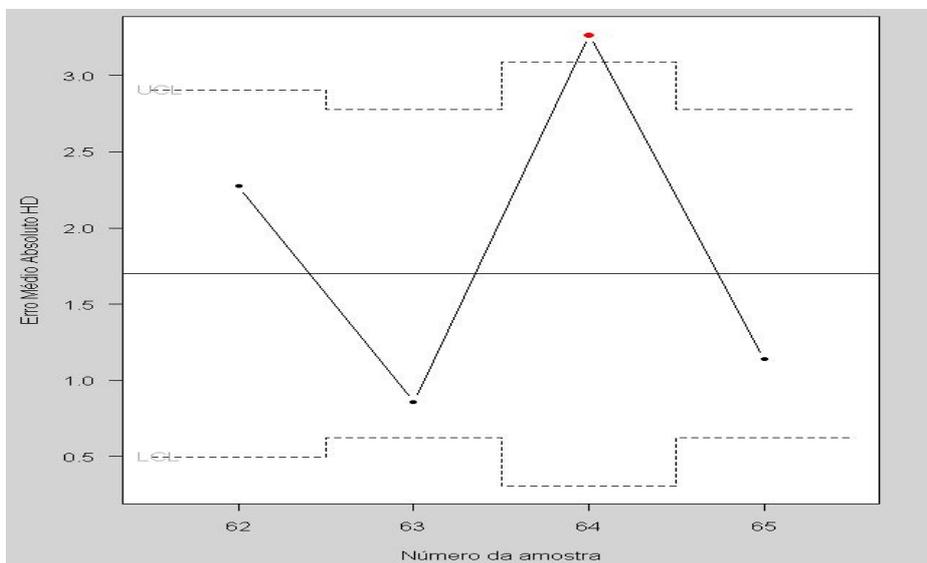
ANEXO 19 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de dois anos, em área declivosa.



ANEXO 20 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de três anos, em área declivosa.



ANEXO 21 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de cinco anos, em área declivosa.



ANEXO 22 Gráfico de controle para erro médio absoluto HD na idade de sete anos, em área declivosa.