

**COMPACTAÇÃO DA MENSAGEM RTCM TIPO 1 PARA
TRANSMISSÃO POR MEIOS DE BAIXA CAPACIDADE:
DESENVOLVIMENTO DE FORMATO E TESTES PRÁTICOS
PRELIMINARES COM DGPS**

*RTCM type 1 message compactation for low capacity transmitting ways: a format
development and preliminary practical tests with DGPS*

ENO DARCI SAATKAMP

Universidade Federal do Paraná
Centro Politécnico - Departamento de Geomática
enosaat@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a possibilidade de compactação dos dados contidos na mensagem RTCM tipo 1, utilizada na transmissão de correções diferenciais para o DGPS. Foram analisados quais dados poderiam ser suprimidos ou modificados e, em função disso, foi proposto um formato e avaliada a sua funcionabilidade. O objetivo desta compactação é permitir a transmissão dos dados por meios de comunicação de baixa capacidade, ou a transmissão pelos meios usuais, mas de forma mais econômica. O formato desenvolvido foi testado na condição ideal e em condições reais, utilizando nesta um meio de comunicação com grande potencial para a aplicação: emissoras de radiodifusão em FM com RDS (*Radio Data System*). Os resultados preliminares são apresentados e se apresentaram muito satisfatórios, com precisão semelhante à fornecida por outros serviços DGPS.

Palavras-chave: RTCM, DGPS.

ABSTRACT

This paper aim at demonstrating the possibility of compacting the data contained in the RTCM type 1 message, used for transmitting DGPS differential

corrections. An analysis was performed aiming to define which data could be suppressed or modified. As a consequence, a format was proposed and evaluated concerning its functionality. The aim of this compactation is to allow the transmission of these data by low capacity communications way, or even by the usual communication systems, but in a more economic way. The developed format was tested considering the ideal condition and in real conditions, using a communication way with great potential for this application: FM sound broadcasters with RDS (Radio Data System). The preliminary results are presented, and they were very satisfactory, with precision close to other DGPS services.

Keywords: RTCM, DGPS.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A *RTCM - Radio Technical Commission For Maritime Services* é uma comissão que tem por objetivo desenvolver padrões e recomendações para sistemas e equipamentos eletrônicos e de comunicação da marinha dos Estados Unidos. Como eles são utilizados também pela comunidade técnica e científica, acabam se tornando padrões mundiais.

O comitê especial número 104 da *RTCM* desenvolveu um padrão recomendado para o serviço de sistemas de navegação global por satélite – GNSS (*Global Navigation Satellite Systems Service*) que fazem uso do método diferencial. Este padrão é mundialmente utilizado pelos usuários do DGPS (*Differential Global Positioning System*).

A disponibilidade de serviços de fornecimento de correções diferenciais aos usuários do DGPS, no Brasil, é restrita, ao contrário dos países norte-americanos e europeus. Na Alemanha, por exemplo, há serviços de fornecimento de correções diferenciais que cobrem todo o país. Mais detalhes encontram-se em Adv (1998) e SAATKAMP (2003). Aqui, têm-se apenas os serviços via satélite (das empresas OmniSTAR e Racal-Landstar) e os serviços fornecidos por rádio-faróis (*beacon*) da Marinha Brasileira. Aqueles são relativamente caros, e estes disponíveis apenas nas regiões da costa marítima. Na prática, o usuário brasileiro que necessita realizar um levantamento em tempo real pelo método DGPS, muitas vezes implementa seu próprio sistema de geração e transmissão das correções. Ele necessita, para isso, implantar sua própria estação de referência, ou seja, tem que dispor, além do receptor GPS na estação de referência, de um sistema para a transmissão das correções geradas por esta estação até o ponto onde ele esteja efetuando o levantamento.

Visando colaborar para o suprimento da deficiência dos serviços de transmissão de correções diferenciais para o DGPS no Brasil, realizaram-se investigações buscando algum meio alternativo de transmissão. Encontrou-se um meio denominado RDS (*Radio Data System*), o qual possibilita a transmissão de dados via emissoras de radiodifusão comercial em FM (frequência modulada). Entretanto, ele é muito limitado em capacidade. Assim, realizou-se o estudo da

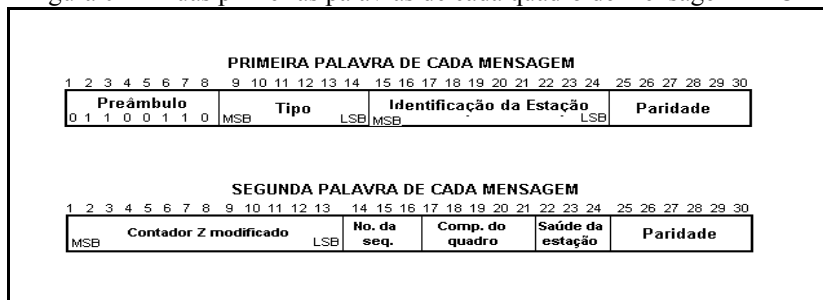
mensagem RTCM tipo 1, utilizada para a transmissão de correções GPS diferenciais, visando a “adaptação” desta ao RDS. Verificou-se que fazia-se necessário compactar os dados da mensagem RTCM. Este estudo é apresentado sucintamente neste artigo, assim como os resultados da experimentação e aplicação da mensagem RTCM compactada desenvolvida, tanto em situação ideal (simulação) como em uma situação mais real (utilizando o RDS). A transmissão da mensagem RTCM compactada poderá ser realizada, além do RDS, por qualquer outro meio no qual se requeira otimização na comunicação da informação. Detalhes a respeito do RDS não serão aqui apresentados, podendo estes ser encontrados em SAATKAMP (2003-a).

2.METODOLOGIA

2.1 O formato da mensagem RTCM tipo 1

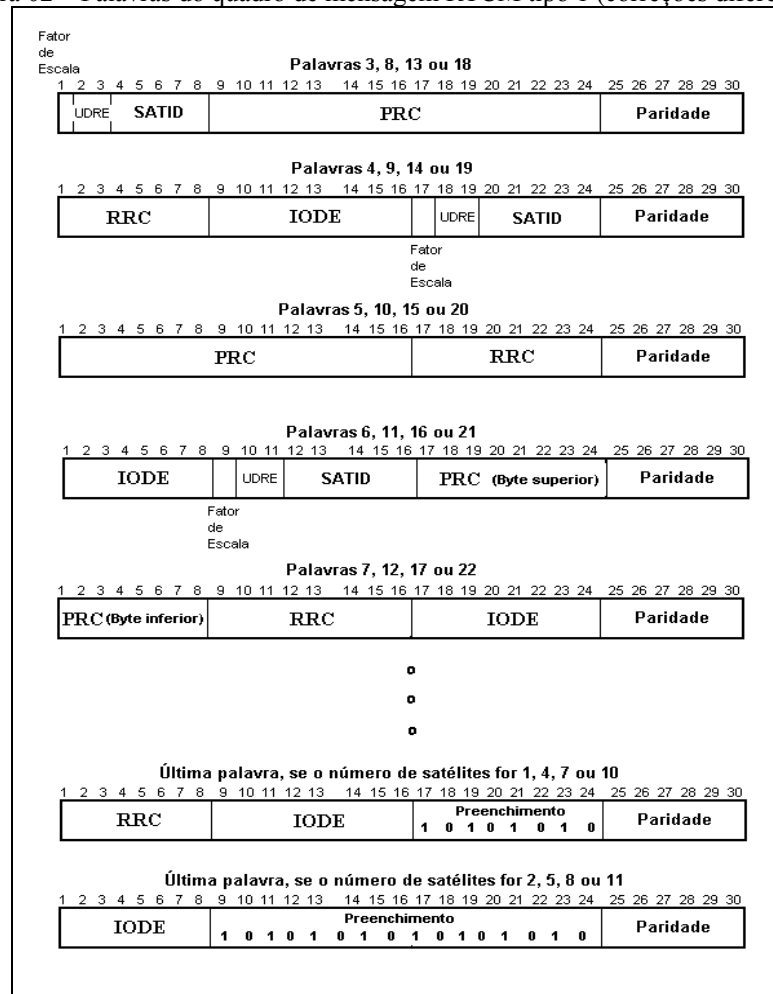
O formato geral das mensagens diferenciais é modelado com a mesma estrutura da mensagem de navegação do GPS (RTCM 1998, p.1-1 e 4-2). Entretanto, as mensagens diferenciais utilizam um quadro de comprimento variável, dependente do número de satélites rastreados (RTCM, 1998, p. 4-7 e 4-8), enquanto o formato da mensagem de navegação tem comprimento fixo. Um quadro se constitui de um conjunto de palavras de 30 bits (figuras 01 e 02), sendo que os primeiros 24 bits constituem-se de dados e os últimos 6 bits são gerados por um algoritmo de paridade para a detecção de erros na comunicação. O início de cada quadro de mensagem consiste de duas palavras-padrão (ou cabeçalho) as quais contêm informações com os seguintes campos: preâmbulo, identificação do tipo de mensagem enviada, identificação da estação de referência, tempo de referência da mensagem (contador Z modificado), número de sequência do quadro, comprimento do quadro da mensagem, e saúde (qualidade) dos dados da estação de referência, além da paridade em cada uma das palavras. As duas palavras de cabeçalho são seguidas pelas palavras contendo as informações correspondentes ao tipo da mensagem, compondo assim um quadro de mensagem. A sequência de palavras correspondentes à mensagem tipo 1 e seus campos são apresentadas nas figuras 01 (cabeçalho) e 02 (dados de correções diferenciais). Detalhes a respeito da decodificação e interpretação das mensagens RTCM encontram-se em SAATKAMP (2003-a e 2003-b).

Figura 01 – Duas primeiras palavras de cada quadro de mensagem RTCM



Fonte: Adaptado de RTCM (1998, p. 4-3)

Figura 02 – Palavras do quadro de mensagem RTCM tipo 1 (correções diferenciais)



Fonte: Adaptado de RTCM (1998, p. 4-8)

2.2 Compactação da mensagem RTCM tipo 1

Analisando-se os dados contidos num quadro da mensagem RTCM tipo 1, verifica-se que numa comunicação continuada destes quadros ao usuário, alguns daqueles dados são redundantes. É possível reduzir a quantidade desses dados redundantes a transmitir na comunicação da informação da mensagem diferencial. Visando a compactação, faz-se as seguintes considerações:

- Uma vez que os sistemas de transmissão de dados geralmente possuem um esquema próprio de detecção e correção de erros, pode-se remover os dados de paridade das palavras de mensagem diferencial. Isto significa que, de cada 30 bits, 6 podem ser removidos, causando uma redução para $(24/30)=0,8$ da quantidade original dos dados, ou seja, uma redução de 20 %;
- Uma vez que se sabe que as informações de correção diferencial transmitidas são relativas ao GPS, os 8 bits do preâmbulo na primeira palavra também podem ser removidos. Naturalmente que o equipamento do usuário que fará a decodificação deverá reconstruir estes dados, para que o mesmo forneça as correções diferenciais ao receptor GPS no formato RTCM de modo transparente;
- Sendo transmitida somente a mensagem tipo 1, os 6 bits que identificam a mensagem (1ª. palavra) também não precisam ser transmitidos;
- O número de sequência do quadro, contido no 2º campo da 2ª palavra, pode ser removido (3 bits), já que ele não fornece informação importante (serve apenas para sincronização do quadro) e pode ser incluído na recepção pelo equipamento decodificador (arbitrariamente inicializado e, posteriormente, constantemente atualizado);
- A informação do comprimento do quadro (em palavras), contido no 3º campo da 2ª palavra, também pode ser recomposta por cálculo, na recepção (SAATKAMP, 2003-a, p. 16), economizando-se 5 bits na transmissão;
- Dos campos de dados que restaram, ainda é possível otimizar: os dados de correção da pseudodistância (PRC), a taxa de variação desta correção (RRC) e a contagem Z modificada. Se forem transmitidas apenas as variações (diferenças) dos valores deles desde um instante passado, o número de bits necessários é menor do que aquele para transmitir as mesmas informações na forma absoluta. O princípio da transmissão de informações na forma de diferenças é muito usado na codificação de fonia (voz) em sistemas de telefonia e aplicações em multimídia, dentre outros, nos quais é utilizada uma técnica de codificação diferencial denominada DPCM (*Differential Pulse Code Modulation* - Modulação por código de pulso diferencial) e suas variantes. Em alguns casos, o mesmo princípio também é usado na codificação compactada de imagens. A vantagem em se utilizar codificação diferencial está na menor quantidade de dados necessários para transmitir ou armazenar as informações. Mais detalhes a respeito

podem ser encontrados em SAYOOD (2000, p. 309-335). Fazendo-se uso dessa idéia e após algumas análises, chegou-se a seguinte possibilidade para os campos mencionados:

1. A contagem Z modificada (contida no 1º campo da 2ª palavra), ao invés de contar os segundos da hora corrente, necessitando de 13 bits, pode realizar a contagem do minuto corrente, bastando que o decodificador tenha a informação da hora GPS com acurácia superior a meio minuto, para que o mesmo possa recompor a contagem Z modificada. Para contar o minuto corrente, são necessários $2^n \cdot 0,6s \geq 59,6s$ ($n=n^\circ$. de bits; 0,6 s é o incremento de tempo utilizado pelo contador Z modificado), ou seja, $n=7$ bits, correspondendo a uma redução de 6 bits (13-7). A esta forma denominou-se de contagem Z modificada reduzida (CZMR);
2. A RRC (taxa de variação da correção), ao invés de ser transmitida, pode ser calculada pelo decodificador como o quociente entre as variações dos valores da PRC no respectivo intervalo de tempo desta variação;
3. A PRC (correção da pseudodistância) é transmitida originalmente em 16 bits. Entretanto, em testes realizados visando determinar a faixa de valores típicos da correção da pseudodistância (SAATKAMP, 2003-b, p. 47), observou-se que eles se situam tipicamente abaixo de uma centena de metros. Assim, o número de bits poderia ser reduzido. Utilizou-se na prática 13 bits para a PRC. Este valor foi escolhido em função da capacidade do RDS, sistema utilizado para os testes práticos. Mesmo com 13 bits, o valor limite de 1310,40 m pode ser comunicado.

Com a compactação proposta, os dados de correção diferencial do conjunto de satélites rastreados pela estação de referência podem ser transmitidos alternadamente no que se denominou de quadros de referência e quadros diferenciais, contendo os seguintes campos:

- Quadro referência (dados absolutos relativos a um satélite):

1. Identificação de que é um quadro de referência: 1 bit;
2. Fator de escala para o PRC e RRC: 1 bit;
3. UDRE: 2 bits;
4. Identificação do satélite cujas informações estão sendo transmitidas neste quadro: 5 bits;
5. IODE: 8 bits;
6. CZMR: 7 bits;
7. PRC: 13 bits.

Total do quadro referência = 37 bits.

- Quadro diferencial (dados diferenciais relativos sequencialmente a três satélites):
 1. Identificação de que é um quadro diferencial: 1 bit;
 2. Identificação do satélite cujas informações estão sendo transmitidas no campo três: 5 bits;
 3. Variação da PRC desde a última transmissão num quadro referência, do próximo satélite da lista de satélites rastreados, identificado no campo dois: 7 bits;
 4. Identificação do satélite cujas informações estão sendo transmitidas no campo cinco: 5 bits;
 5. Variação da PRC desde a última transmissão num quadro referência, do próximo satélite da lista, subsequente ao do campo três, e identificado no campo quatro: 7 bits;
 6. Identificação do satélite cujas informações estão sendo transmitidas no campo sete: 5 bits;
 7. Variação da PRC desde a última transmissão num quadro referência, do próximo satélite da lista, subsequente ao do campo 5, e identificado no campo seis: 7 bits.

Total do quadro diferencial = 37 bits.

O número de bits de cada quadro corresponde à quantidade suportada por um grupo RDS-ODA (*RDS Open Data Application*), utilizado nos testes práticos.

Visando comparar a eficiência obtida com a metodologia de compactação proposta, elaborou-se a tabela 01, na qual são apresentados o número de bits originalmente utilizados pelo quadro RTCM e o necessário com o formato desenvolvido, para o número de satélites rastreados variando de 4 a 12. Percebe-se que, por exemplo, para 4 satélites tem-se 9 palavras RTCM tipo 1, que seriam transmitidas originalmente em 270 bits, e que podem ser transmitidos pelo RDS-ODA com 74 bits. De acordo com este quadro, conseguiu-se um fator médio

de compactação de 2,97 (4230 bits/1424,5 bits), ou seja, a quantidade média de dados a serem transmitidos com o formato desenvolvido é reduzida para quase um terço do original (RTCM). Para que este sistema funcione, entretanto, é necessário que o decodificador tenha conhecimento de algumas informações a priori e calcule outras, conforme as considerações já expostas anteriormente.

Quadro 01 – Bits necessários para o formato RTCM e o compactado proposto

No. de satélites	No. de palavras RTCM tipo 1	No. de bits RTCM	No. de bits RDS-ODA
4	9	270	74
5	11	330	111 a 148
6	12	360	111 a 148
7	14	420	111 a 148
8	16	480	148
9	17	510	185
10	19	570	185 a 222
11	21	630	185 a 222
12	22	660	222
Total	141	4230	1424,5 (média)

3. EXPERIMENTOS E RESULTADOS PRELIMINARES

Visando a validação do formato desenvolvido, efetuaram-se alguns experimentos. Para tal, desenvolveu-se um programa compactador/codificador que gera, a partir dos quadros RTCM, uma tabela com os dados de cada satélite rastreado. A partir desta, ele monta um grupo de 37 bits a cada novo quadro RTCM (a cada 0,6s) para serem transmitidos ao usuário. Os dados contidos num grupo de 37 bits correspondem a dados de 1 satélite quando este for de referência (quadro referência), ou a 3 satélites quando diferencial (quadro diferencial), conforme descrito anteriormente. Este programa foi denominado CRTCMRDS (Codificador RTCM-RDS). Para o lado do usuário (recepção), desenvolveu-se um programa descompactador/decodificador que realiza o processo inverso e novamente recupera o quadro no formato RTCM, para que possa ser lido pelo receptor GPS. Este foi denominado DRDSRTCM (Decodificador RDS-RTCM).

3.1 Experimento em situação ideal

Executou-se um levantamento DGPS na situação ideal, onde, ao invés de transmitir os dados via um sistema de radiocomunicação, realizou-se a transmissão via ligação direta por cabo, ou seja, uma comunicação confiável, sem a possibilidade da ocorrência de interferência e/ou erros. Também foi utilizada uma linha de base de valor zero, onde o ponto da estação de referência e o da estação usuária é o mesmo, conforme o esquema apresentado na figura 03 (utilizou-se um divisor de sinais para conectar a mesma antena a dois receptores geodésicos Ashtech ZXII). As coordenadas fornecidas pelo receptor usuário, no formato NMEA, foram gravadas num microcomputador para análise. Na figura 04 é apresentada a distribuição dos erros ocorrida. Nela se observa que 82% dos erros

situaram-se entre zero e um decímetro, validando, desta forma a funcionalidade do sistema de compactação desenvolvido.

Figura 03 – Esquema para o levantamento DGPS na situação ideal

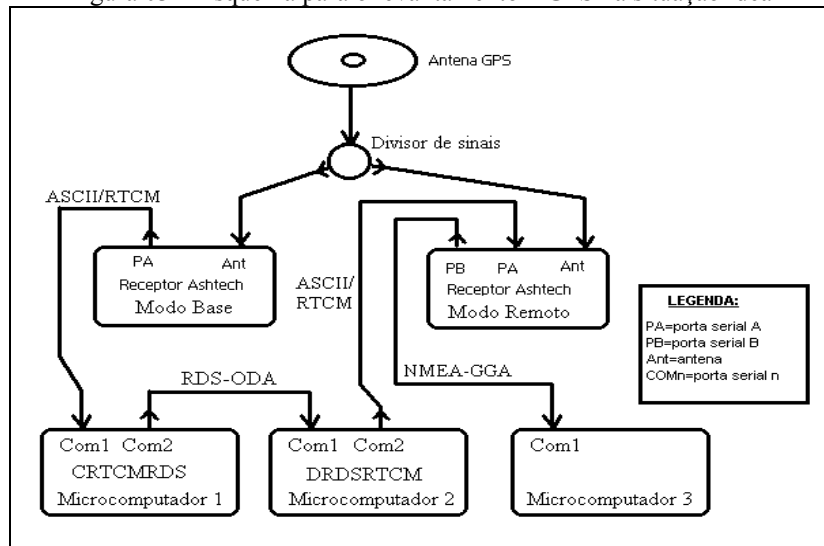
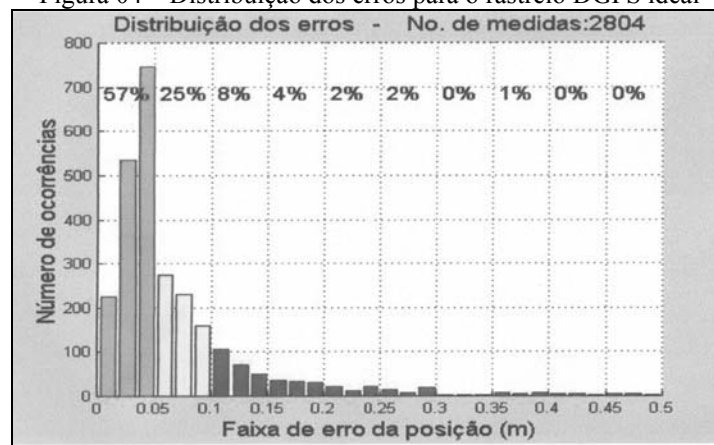


Figura 04 – Distribuição dos erros para o rastreo DGPS ideal



3.1 Experimentos na situação real

Implementou-se o sistema temporariamente numa emissora pública em FM (a RTVE), para a transmissão dos dados pelo RDS, na cidade de Curitiba, tendo sido realizados testes práticos em condições reais, visando avaliar o funcionamento efetivo do sistema.

Apresenta-se uma síntese dos resultados preliminares alcançados com o sistema, em levantamentos DGPS estático sobre sete pontos provisórios de

coordenadas conhecidas (determinadas com a técnica GPS relativo estático), situados na cidade de Curitiba e região (BR 277). A distância deles à estação de referência situava-se entre 5 e 24 km. Nos levantamentos DGPS, foram utilizados dois receptores GPS: um Garmim III Plus, que rastreia o código C/A, e um Ashtech Reliance, que rastreia o código C/A e a portadora L1. A antena deste foi uma geodésica cinemática (sensor *microstrip* sobre plano-terra de 17,8 cm de diâmetro). A duração dos rastreios foi de aproximada de 30 minutos com cada receptor e em cada ponto. Nas figuras 5 e 6 apresenta-se uma amostra típica dos resultados obtidos, respectivamente, com os receptores Garmim (código) e Ashtech (portadora). Nelas são visualizados os gráficos da distribuição dos erros para o rastreio. Das correspondentes figuras observa-se que o receptor de código apresentou erros que em alguns casos superaram os 5 m, embora a maior parte deles (82 % dos casos globais) seja de até 3 m. O erro médio e desvio padrão global com este receptor foi de $0,96 \pm 2,11$ m (1σ), resultado considerado satisfatório. O receptor que rastreia a portadora apresentou resultados ainda mais satisfatórios. Os erros foram inferiores a 3 m em até 98% das medidas, e inferior a 1 m para 45% delas. O erro médio e o desvio padrão global com este receptor foi de $0,53 \pm 0,80$ m (1σ).

Figura 5 – Amostra típica da distribuição dos erros utilizando o receptor Garmim III Plus (C/A)

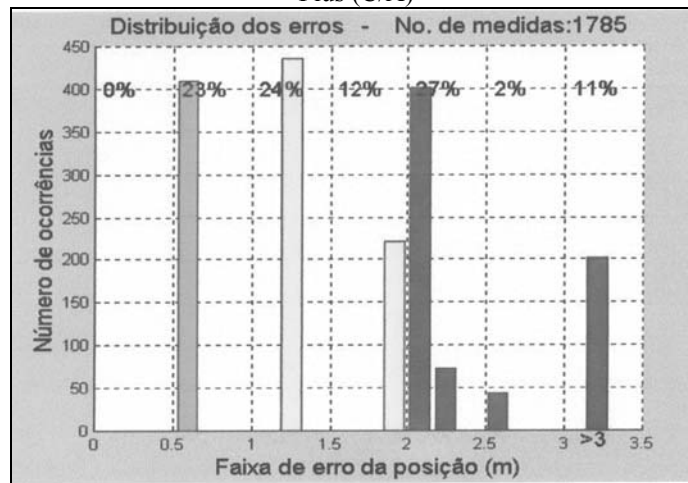
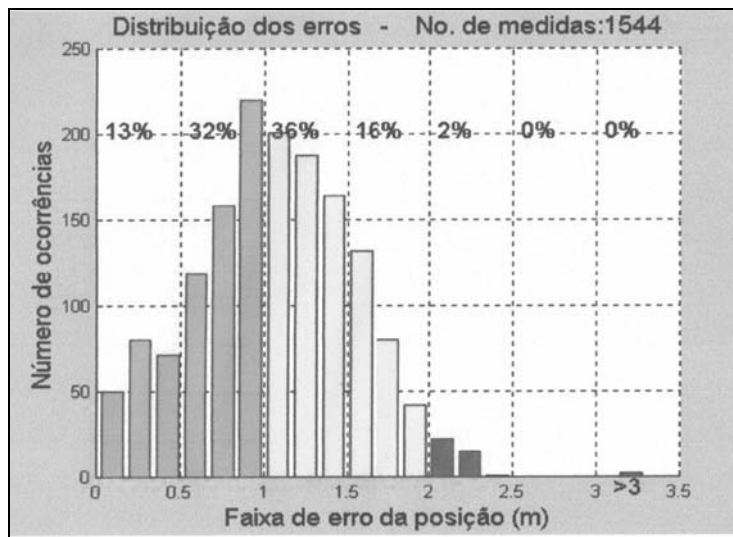


Figura 6 – Amostra típica da distribuição dos erros utilizando o receptor Ashtech Reliance (C/A + L1)



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi mostrar a possibilidade de compactação da mensagem RTCM tipo 1, para sua transmissão por um meio de transmissão de baixa capacidade e/ou para diminuir o custo pela diminuição da quantidade de dados transmitida, em relação aos quadros RTCM na sua forma original. De acordo com os testes realizados, a forma compacta mostrou-se eficiente, alcançando resultados próximos àqueles preconizados para o DGPS com outros sistemas (precisões na ordem de 3 m). Assim, a forma compacta pode ser utilizada por qualquer meio de transmissão de uma forma mais econômica. Embora tenha se utilizado o RDS para os experimentos reais, meios tais como telefonia celular, Internet ou mesmo os rádios-modem frequentemente utilizados para o DGPS podem ser aplicados, de acordo com a conveniência ou disponibilidade para o usuário. Entretanto, o sistema utilizado nestes testes (emissora FM com RDS) tem se apresentado como o meio de comunicação de maior potencial para esta aplicação no Brasil, conforme as considerações feitas em SAATKAMP (2003-a, p. 122-123). Foi visando colaborar para uma possível futura disponibilização de outro(s) serviço(s) de transmissão de correções diferenciais aos usuários do DGPS, no Brasil, que se realizou esta pesquisa. Pretende-se realizar outras investigações na mesma linha.

REFERÊNCIAS

AdV - Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. **Bericht der Expertengruppe GPS-Referenzstationen im Arbeitskreis Grundlagenvermessung**, Deutschland, 1998.

SAATKAMP, E. D. **Desenvolvimento e Experimentação de um Formato Para a Transmissão de Correções DGPS pelo RDS no Brasil**. Tese. CPGCG-UFPR. Curitiba, 2003-a.

SAATKAMP, E. D. **Decodificação e interpretação de mensagens RTCM**. Anais. III CBCG. Curitiba, 2003-b.

RTCM. **RTCM recommended standards for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) service**. Versão 2.2. RTCM Special Committee nº104, Alexandria, January 15, paper 11-98/SC104-STD, 1998.

SAYOOD, K. **Introduction to Data Compression**. 2^a. Ed. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2000.

(Recebido em novembro/04. Aceito em dezembro/04)