

# Sistema de Contagem de Energia Remoto

Samuel Moreira<sup>1</sup>, António Sousa<sup>1</sup>, Pedro Reis<sup>1</sup> e Fernando Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior de Engenharia do Porto – P.Porto, Porto, Portugal  
{1170998, ats, mps, fjc}@isep.ipp.pt

**Resumo.** Este trabalho insere-se num projeto que se encontra em fase de desenvolvimento na empresa Nomad Tech. Apresenta uma aplicação computacional desenvolvida em linguagem C e estruturada em três fases distintas, para a leitura remota do perfil de dados do contador de energia elétrico EM4TII, fabricado pela LEM, que se pretende instalar nas locomotivas Alfa Pendular da CP. Na primeira fase, para leitura do perfil de dados do contador, é implementado o protocolo de comunicação via porta série RS232 entre o mesmo e a unidade computacional MB1000 que suporta uma versão dedicada do sistema operativo Linux. Na segunda fase, realiza-se a separação dos campos do perfil de dados a partir dos respetivos códigos OBIS associados, entre os quais e com especial interesse, os valores das energias ativa positiva e ativa negativa e das energias reativa positiva e reativa negativa e realiza-se o registo dos mesmos dados em ficheiros, localizados na unidade computacional MB1000. Finalmente, na terceira fase, implementa-se um programa que reproduz as principais funcionalidades do *cron* do Linux, para execução automática do algoritmo de leitura e registo dos referidos dados, obedecendo a um escalonamento temporal pré-definido.

**Palavras-chave:** EM4TII, Computador Embarcado MB1000, Protocolo de Comunicação Série RS232, Norma IEC 62056-21, Código OBIS, *cron*.

## 1 Introdução

Atualmente, os comboios Alfa Pendular da CP ocupam 80% da ferrovia destinada à sua circulação, sendo a restante percentagem ocupada pelos comboios de uma empresa concorrente. A CP considera-se detentora de uma frota energeticamente mais eficiente, mas o pagamento da energia consumida realiza-se, exclusivamente, com base na referida percentagem de ocupação e não com base no consumo de energia efetivo de cada frota. É nesta divergência que surge a necessidade de se medir a energia ativa e reativa, a partir da leitura do perfil de dados do contador de energia elétrico EM4TII (designado doravante de EM4TII), a instalar no interior das locomotivas Alfa Pendular da CP [1].

O EM4TI, da LEM, pertence à segunda geração de contadores de energia universais dedicados à medição de energia em veículos de tração elétrica e o seu perfil de dados encontra-se alojado numa memória flash EEPROM, onde regista: a data e a hora; o número de identificação do comboio; os valores absolutos e em separado das energias ativas e das energias reativas, respetivamente, consumidas e regeneradas; a frequência da rede; a posição do comboio no momento em que o perfil de dados é armazenado [2].

De referir que as suas principais funcionalidades, assim como as fórmulas de cálculo das energias ativas e reativas encontram-se descritas com detalhe em [2].

O referido perfil de dados é lido a partir da unidade computacional dedicada a aplicativos ferroviários MB1000, que suporta o software de bordo da Nomad Tech (o seu fabricante). Esta unidade baseia-se no sistema operativo Linux, é robusta ao ambiente operacional, não requer manutenção e dispõe de várias portas de comunicação para ligar e recolher dados de diferentes dispositivos, entre os quais, os suportados pelo protocolo de comunicação via porta série RS232. Os dados recolhidos podem ser pré-processados localmente e transmitidos para um servidor de aplicativos “em terra” a partir de equipamentos de comunicação existentes, isto é, via LAN ou via router [3].

Esta comunicação encontra-se organizada da seguinte forma: na seção 2 apresentam-se os métodos e as ferramentas usadas; na seção 3 apresenta-se o fluxograma e a descrição geral das principais tarefas envolvidas na implementação realizada; na seção 4 mostram-se os resultados obtidos durante as três fases de implementação; finalmente na seção 5 são apresentadas algumas conclusões e perspectivas de trabalho futuro.

## 2 Métodos e ferramentas

A aplicação computacional encontra-se desenvolvida em linguagem C [4], foi implementada ao longo de três fases distintas e permite obter leituras do EM4TII em instantes de tempo pré-definidos com base num programa similar ao *cron* do Linux.

A primeira fase permite a leitura do perfil de dados do EM4TII em modo de leitura a partir do MB1000, usando o protocolo de comunicação via porta série RS232 [5-6] que segue as especificações da norma IEC 62056-21 [7].

Na segunda fase o campo do perfil de dados correspondente ao último registo existente na memória do EM4TII é processado pelo MB1000, que separa os dados pelos correspondentes códigos OBIS definidos pela LEM [2]. Dessa separação, são obtidos, entre outros campos de dados, os valores das energias ativa positiva e ativa negativa e das energias reativa positiva e reativa negativa. A cada leitura, os quatro valores de energias obtidas são registados num ficheiro de dados cujo nome, com o propósito de facilitar a identificação dos momentos de leitura por parte do utilizador, se constitui com base na hora e na data do relógio interno do MB1000.

A terceira fase de implementação baseia-se na reprodução das funcionalidades do serviço *cron* [8], dado que este não se encontra disponível no sistema operativo Linux do MB1000 nem é previsível que esteja, isto, dada a especificidade do sistema operativo. Assim, foi desenvolvido o executável *novocron* que, na ótica do utilizador, apresenta algumas funcionalidades do *cron* e é executado a partir de um terminal do Linux.

Como ferramenta de implementação e teste foi usada a linguagem C; foram utilizadas diversas bibliotecas de funções: *standard*, residindo as declarações dos seus protótipos nos ficheiros *stdio.h*, *stdlib.h*, *string.h* e *errno.h*; e específicas - para implementar o protocolo de comunicação via porta série RS232, que liga os dispositivos, foram declarados os protótipos que residem nos ficheiros *fcntl.h*, *termios.h* e *unistd.h*; para determinar a hora e a data do sistema operativo foram declarados os protótipos que residem no ficheiro *time.h*.

### 3 Implementação

A Fig. 1 apresenta o fluxograma da aplicação computacional desenvolvida, no qual as fases de desenvolvimento se encontram representadas por três cores diferentes. Assim, na primeira fase de desenvolvimento, representada pelos blocos de cor azul, é realizada a ligação via porta série do tipo assíncrona entre o MB1000 e o EM4TII. No caso de a ligação ser malsucedida, realiza-se um ciclo de espera de 15 minutos, caso contrário o perfil de dados do EM4TII é lido com base no procedimento descrito em [2]. A porta série foi configurada para funcionar à taxa de transmissão de 9600 bits por segundo e o formato dos dados a transmitir considera um *start bit*, sete *bits* de dados, um *stop bit* e um *bit* de paridade (de acordo com a norma ISO/IEC 1177:1985 referenciada em [7]).

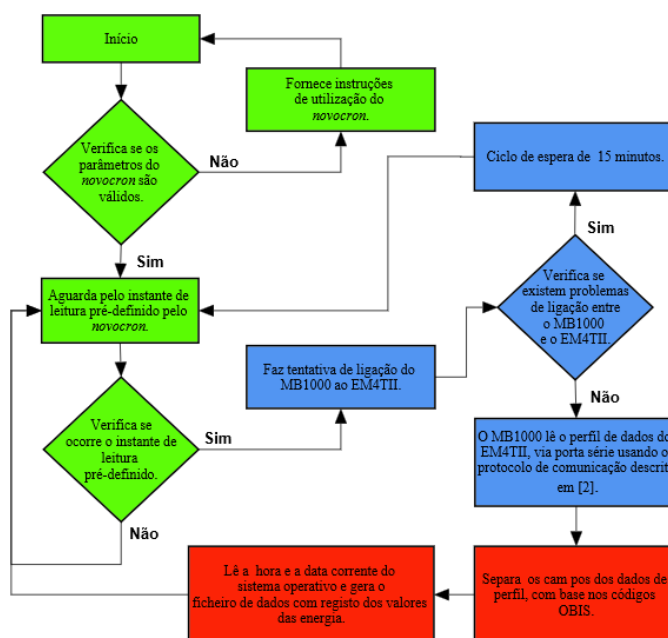


Fig. 1. Fluxograma da aplicação computacional desenvolvida.

Já a segunda fase de desenvolvimento, representada pelos blocos de cor vermelha, corresponde à separação dos campos dos dados de perfil do EM4TII pelos correspondentes códigos OBIS [2]. No essencial, a cada leitura são lidas as quatro energias pretendidas e é gerado um ficheiro de dados para realizar os seus registos, com a particularidade do nome de cada ficheiro conter a data e a hora da leitura realizada. Finalmente, representado pelos blocos de cor verde, apresenta-se a terceira fase de desenvolvimento, que serve de suporte e controlo das funcionalidades implementadas nas fases anteriores, na medida em que permite os seus lançamentos em instantes de tempo pré-definidos, monitorizando o relógio do MB1000 e apresentando ao utilizador, ainda que operando de forma rudimentar, as funcionalidades do *cron* do Linux. No âmbito do trabalho desenvolvido, esta última fase de implementação é conhecida por *novocron*.

## 4 Resultados

Na Fig. 2 apresentam-se resultados obtidos durante a execução da primeira fase da aplicação computacional. No exemplo são passados na linha de comando, para além do executável que lança o *novocron*, cinco asteriscos, configurando a aplicação computacional para realizar leituras todos os minutos. Os dados enviados e recebidos são tratados no sistema de numeração hexadecimal e o resultado obtido está de acordo com o diagrama do protocolo de comunicação entre os dispositivos apresentado em [2].

```

nonad@nonad:~/it_ameret$ sudo ./EHATII '*' '*' '*' '*' '*'
[sudo] password for nonad:
run sub_main in the 31 minute - normal

+-----+
| Serial Port Open |
+-----+
Port ttxmc2 Open Successfully
Serial port configured
BaudRate = 9600
StopBits = 1
Parity = Even
Serial port write success
0000: 2F 3F 21 00 0A 00
ascii: /?!\...

END OF PACKET

+-----+

0000: 2F 45 4D 48 35 5C 40 44 34 45 4D 34 54 57 30 30
0016: 31 2D 2D 0D 0A
ascii: /EHMS\0D4EH4TW001-...

END OF PACKET

+-----+

Serial port write success
0000: 00 30 35 30 0D 0A 00
ascii: :00...

END OF PACKET

+-----+

0000: 02 31 2D 30 3A 31 2E 30 2E 30 2A 32 35 35 28 30
0016: 30 30 30 36 34 31 38 30 2E 30 2A 68 57 68 29 80
0032: 0A 31 2D 30 3A 32 2E 30 2E 30 2A 3A 35 35 28 30
0048: 30 30 30 30 30 30 30 2E 30 2A 68 57 68 29 80
0064: 0A 31 2D 30 3A 33 2E 30 2E 30 2A 32 35 35 28 30
0080: 30 30 30 30 30 30 30 2E 30 2A 68 76 61 72 68
0096: 29 0D 0A 31 2D 30 3A 34 2E 30 2E 30 2A 32 35 35
0112: 28 30 30 30 30 30 30 30 30 2E 30 2A 68 76 61
0128: 72 0D 29 0D 0A 30 2D 30 3A 46 2E 46 2E 30 2A 32
0144: 35 35 28 30 30 30 30 30 30 29 0D 0A 31 2D
0160: 30 3A 30 2E 30 2E 31 2A 32 35 35 28 29 0D 0A 31
0176: 2D 30 3A 30 2E 32 2E 30 2A 32 35 35 28 31 31 32
0192: 30 30 30 30 30 29 0D 0A 31 2D 30 3A 38 2E 39 2E
0208: 11 2A 32 35 35 28 30 39 33 3A 35 38 29 0D 0A 31
0224: 2D 30 3A 30 2E 39 2E 32 2A 32 35 35 28 32 30 30
0240: 37 30 39 29 0D 0A 30 2D 30 3A 43 2E 31 2E 30 2A
0256: 32 35 35 28 30 35 36 39 39 32 37 29 0D 0A 30
0272: 2D 30 3A 43 2E 37 32 2E 31 2A 32 35 35 28 32 35
0288: 38 34 31 33 33 37 29 0D 0A 30 2D 30 3A 43 2E 37
0304: 32 2E 32 2A 32 35 35 28 29 0D 0A 31 2D 30 3A 30
0320: 2E 30 2E 34 2A 32 35 35 28 35 2A 6D 69 69 29 80
0336: 0A 31 2D 30 3A 30 2E 33 2E 30 2A 32 35 35 28 36
0352: 2E 30 30 2A 49 6D 70 2F 68 2F 68 29 80 0A 31 2D
0368: 30 3A 30 2E 32 2E 31 2A 31 2D 31 35 31 31 33
0384: 34 33 29 0D 0A 31 2D 30 3A 30 2E 32 2E 31 2A 35
0400: 30 28 31 35 31 31 31 33 34 33 29 0D 0A 30 2D 30
0416: 0A 43 2E 39 30 2E 32 2A 32 35 35 28 37 35 46 33
0432: 37 30 32 30 29 0D 0A 31 2D 30 3A 43 2E 31 2E 39
0448: 2A 32 35 35 28 29 80 0A
ascii: :10:1.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:2.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:3.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:4.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:5.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:6.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:7.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:8.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:9.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:10.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:11.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:12.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:13.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:14.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:15.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:16.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:17.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:18.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:19.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:20.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:21.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:22.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:23.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:24.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:25.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:26.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:27.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:28.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:29.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:30.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:31.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:32.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:33.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:34.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:35.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:36.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:37.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:38.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:39.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:40.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:41.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:42.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:43.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:44.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:45.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:46.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:47.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:48.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:49.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:50.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:51.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:52.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:53.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:54.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:55.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:56.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:57.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:58.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:59.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:60.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:61.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:62.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:63.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:64.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:65.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:66.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:67.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:68.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:69.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:70.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:71.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:72.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:73.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:74.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:75.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:76.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:77.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:78.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:79.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:80.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:81.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:82.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:83.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:84.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:85.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:86.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:87.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:88.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:89.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:90.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:91.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:92.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:93.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:94.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:95.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:96.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:97.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:98.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:99.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:100.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:101.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:102.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:103.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:104.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:105.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:106.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:107.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:108.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:109.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:110.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:111.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:112.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:113.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:114.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:115.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:116.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:117.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:118.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:119.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:120.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:121.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:122.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:123.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:124.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:125.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:126.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:127.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:128.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:129.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:130.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:131.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:132.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:133.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:134.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:135.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:136.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:137.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:138.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:139.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:140.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:141.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:142.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:143.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:144.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:145.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:146.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:147.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:148.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:149.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:150.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:151.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:152.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:153.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:154.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:155.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:156.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:157.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:158.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:159.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:160.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:161.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:162.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:163.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:164.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:165.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:166.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:167.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:168.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:169.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:170.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:171.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:172.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:173.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:174.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:175.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:176.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:177.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:178.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:179.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:180.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:181.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:182.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:183.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:184.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:185.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:186.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:187.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:188.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:189.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:190.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:191.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:192.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:193.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:194.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:195.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:196.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:197.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:198.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:199.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:200.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:201.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:202.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:203.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:204.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:205.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:206.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:207.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:208.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:209.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:210.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:211.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:212.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:213.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:214.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:215.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:216.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:217.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:218.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:219.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:220.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:221.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:222.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:223.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:224.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:225.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:226.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:227.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:228.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:229.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:230.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:231.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:232.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:233.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:234.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:235.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:236.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:237.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:238.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:239.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:240.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:241.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:242.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:243.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:244.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:245.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:246.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:247.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:248.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:249.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:250.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:251.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:252.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:253.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:254.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:255.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:256.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:257.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:258.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:259.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:260.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:261.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:262.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:263.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:264.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:265.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:266.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:267.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:268.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:269.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:270.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:271.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:272.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:273.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:274.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:275.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:276.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:277.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:278.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:279.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:280.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:281.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:282.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:283.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:284.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:285.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:286.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:287.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:288.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:289.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:290.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:291.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:292.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:293.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:294.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:295.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:296.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:297.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:298.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:299.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:300.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:301.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:302.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:303.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:304.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:305.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:306.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:307.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:308.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:309.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:310.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:311.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:312.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:313.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:314.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:315.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:316.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:317.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:318.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:319.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:320.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:321.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:322.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:323.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:324.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:325.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:326.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:327.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:328.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:329.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:330.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:331.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:332.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:333.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:334.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:335.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:336.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:337.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:338.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:339.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:340.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:341.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:342.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:343.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:344.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:345.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:346.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:347.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:348.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:349.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:350.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:351.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:352.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:353.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:354.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:355.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:356.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:357.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:358.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:359.8.0*255(00000000.0*kh),1.0:360.8.0*255(00000000.0
```

```
nomad@nomad:~/nt_meter$ ls
EM4TII EM4TII_09h31m00s-09_07_20.txt EM4TII_09h32m00s-09_07_20.txt EM4TII_09h33m00s-09_07_20.txt EM4TII_09h34m00s-09_07_20.txt EM4TII_09h35m00s-09_07_20.txt
nomad@nomad:~/nt_meter$
nomad@nomad:~/nt_meter$
```

**Fig. 3.** Resultado da execução da segunda fase da aplicação computacional.

```
File Edit View Search Terminal Help
GNU nano 3.2 EM4TII_09h31m00s-09_07_20.txt
-----
Leitura de Energia do contador EM4TII
Energia Ativa Positiva: 000064180.8 kwh
Energia Ativa Negativa: 000000000.0 kwh
Energia Reativa Positiva: 000000000.0 kvarh
Energia Reativa Negativa: 000000000.0 kvarh
```

**Fig. 4.** Exemplo de registo dos valores das energias ativas e reativas em ficheiro de texto.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Os resultados apresentados mostram a funcionalidade da aplicação, que durante os ensaios realizados se mostrou operacional, refletindo os cuidados de implementação do software desenvolvido para operar com o EM4TII em modo de leitura.

Apesar do trabalho apresentado ter sido concretizado com sucesso, existe margem para melhorias futuras, em particular para o desenvolvimento de uma base de dados para registar os valores das energias adquiridas a partir de toda a rede da transportadora e para, a partir desses dados, implementar uma interface gráfica em GTK ou do QT para Python, que permita realizar estudos estatísticos de consumos de energia ao longo do tempo, por locomotiva, por grupo específico de locomotivas ou em toda a rede.

## Referências

1. LEM – EM4TII: Energy Meter for On-Board Traction applications, <https://www.lem.com>, último acesso em 02/09/2020; acessível a pedido.
2. LEM – EM4TII Manual, <https://www.lem.com>, último acesso em 02/09/2020; acessível a pedido.
3. MB1000, <https://www.nomadtech.pt/solution/monitoring-box-mb1000-series/>. Último acesso em 02/09/2020.
4. DAMAS, L.: Linguagem C. 24ª Edição. Lisboa: FCA. ISBN 978-972-722-156-1.
5. RS232 Standards, <https://www.omega.com/en-us/resources/rs232-serial-communication>, último acesso em 02/09/2020.
6. RS232 Specifications, [https://www.electronicshub.org/rs232-protocol-basics/#Mechanical\\_Specifications](https://www.electronicshub.org/rs232-protocol-basics/#Mechanical_Specifications), último acesso a 02/09/2020.
7. International Electrotechnical Commission. IEC 62056-21 Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 21: Direct local data Exchange. 1ª Edição of Genebra: IEC Central Office at 2002, [https://www.ungelesen.net/protagWork/media/downloads/solar-steuerung/iec62056-21%7Bed1.0%7Den\\_.pdf](https://www.ungelesen.net/protagWork/media/downloads/solar-steuerung/iec62056-21%7Bed1.0%7Den_.pdf), último acesso em 02/09/2020.
8. cron, <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/cron-job-guia/>, último acesso a 02/09/2020.